



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 199 25 040 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 16 H 25/22

⑳ Aktenzeichen: 199 25 040.5
㉔ Anmeldetag: 1. 6. 99
㉕ Offenlegungstag: 9. 12. 99

DE 199 25 040 A 1

③0 Unionspriorität:

10-167813	02. 06. 98	JP
10-239458	12. 08. 98	JP
11-026544	03. 02. 99	JP

㉑ Anmelder:

NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

㉒ Vertreter:

Witte, Weller & Partner, 70178 Stuttgart

㉓ Erfinder:

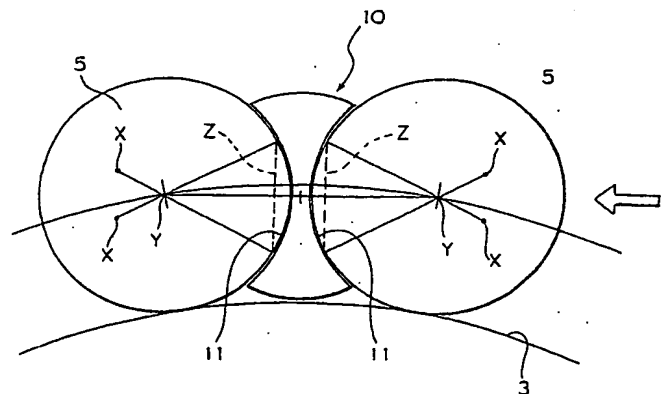
Miyaguchi, Kazuo, Maebashi, Gunma, JP; Okubo, Tsutomu, Maebashi, Gunma, JP; Nakazawa, Takeshi, Maebashi, Gunma, JP; Yabe, Shirouji, Maebashi, Gunma, JP; Kato, Souichiro, Maebashi, Gunma, JP; Takahashi, Nobumitsu, Maebashi, Gunma, JP; Sato, Ryouichi, Maebashi, Gunma, JP; Yamaguchi, Hiroki, Maebashi, Gunma, JP; Mizumura, Yoshinori, Maebashi, Gunma, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Kugelumlaufspindeleinrichtung und Linearversatzeinrichtung

⑤7 Es wird eine Kugelumlaufspindeleinrichtung vorgeschlagen, mit einer Umlaufspindel (1) und einer Mutter (2), die über eine Mehrzahl von Kugeln (5) relativ zueinander beweglich sind, als auch eine Linearbewegungseinrichtung, die ein äußeres Element (32) und ein inneres Element (31) aufweist, die über eine Mehrzahl von Kugeln (35) relativ zueinander beweglich sind. Ein Abstandselement (10; 39) ist zwischen zueinander benachbarten Kugeln (5; 35) angeordnet und weist zwei konkave Flächen (11; 38) auf, die den jeweiligen Kugeln (5; 35) gegenüberstehen. Jede der konkaven Flächen (11; 38) des Abstandselementes (10; 39) ist im Schnitt aus zwei Kreisbögen gebildet, deren Mittelpunkte voneinander abweichen, so daß die Form einer gotischen Wölbung erzielt wird. Das Abstandselement (10; 39) besitzt eine solche Konfiguration, daß die Kugeln (5; 35) äußere Kanten oder Abschnitte benachbart zu den äußeren Kanten des Abstandselementes kontaktieren: Das Abstandselement (10; 39) besitzt ferner eine solche Konfiguration, daß die benachbarten Kugeln (5; 35) mit wenigstens drei oder mehr äußeren Kanten oder Abschnitten benachbart zu den äußeren Kanten in Kontakt gelangen. Das Abstandselement (39) kann in seinem dünnsten Abschnitt ein Durchgangsloch (41) aufweisen (Fig. 2A).



DE 199 25 040 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Anmeldung nimmt die Vorteile der japanischen Anmeldungen mit den Nummern 10-167813, 10-239458 und 11-026544 bzw. deren deutsche Familienmitglieder in Anspruch, die hiermit durch Bezugnahme enthalten sein sollen.

Die vorliegende Erfindung betrifft Kugelumlaufspindeleinrichtungen und Linearversatz- bzw. Linearbewegungseinrichtungen, bei denen keine Abnahme der Fähigkeit der Lastaufnahme und der Festigkeit hervorgerufen werden, und ein Zwang besteht, die Anzahl der Lastkugeln zu verringern, und zwar selbst dann, wenn Abstandselemente zwischen den Lastkugeln angeordnet sind, und wobei ferner eine Zirkulationscharakteristik der Abstandselemente verbessert wird, indem die Reibung zwischen den Lastkugeln und den Abstandselementen minimiert wird, und wobei ferner eine Verschlechterung der Funktionsfähigkeit, das Auftreten von Rauschen bzw. Geräuschen und eine Verschlechterung des erzeugten Klangs und Reibschäden an den Kugeln verhindert werden.

Bei einer bekannten Kugelumlaufspindeleinrichtung, wie sie in Fig. 33 gezeigt ist, sind zueinander entsprechende wendelförmige Umlaufvertiefungen 3, 4 in einer äußeren Umfangsfläche einer Umlaufwelle 1 und in einer inneren Umfangsfläche einer Mutter 2 ausgebildet. Eine Mehrzahl von Kugeln 5 ist so angeordnet, daß sie in einem wendelförmigen Zirkulationspfad wälzen können, der durch die zwei Umlaufvertiefungen 3, 4 definiert ist. Wenn entweder die Umlaufwelle 1 bzw. Umlaufspindel 1 oder die Mutter 2 in axialer Richtung bewegt wird, indem die Umlaufspindel 1 und die Mutter 2 gegeneinander verdreht werden, führen die Umlaufspindel 1 und die Mutter 2 lauf ruhige wendelförmige Bewegungen durch, und zwar durch die wälzende Bewegung der Mehrzahl von Kugeln 5.

Bei einer derart konstruierten Kugelumlaufspindeleinrichtung sind die Kugeln 5 dicht im Inneren der Umlaufvertiefungen 3, 4 angeordnet und wälzen in derselben Richtung in den einzelnen Umlaufvertiefungen 3, 4. Hierbei kommen zueinander benachbarte Kugeln an einem Punkt miteinander in Kontakt, an dem sie entgegengesetzte Umfangsbewegungen durchführen, so daß sie sich gegenseitig im Wälzen behindern. Im Ergebnis kann eine Vielzahl von Problemen entstehen, durch die das freie Wälzen der Kugeln 5 behindert wird, die Funktionsfähigkeit der Kugeln 5 verschlechtert wird, Reibungsschäden an den Kugeln 5 hervorgerufen werden, ein übertragenes Drehmoment Fluktuationen ausgesetzt ist und Geräusche ansteigen.

Um diese Probleme zu überwinden, ist es in der japanischen Patentanmeldung mit der Offenlegungsnummer 56-116951 offenbart, eine Konstruktion vorzusehen, bei der ein elastisches Element vorgesehen ist, um die Kugeln voneinander zu beabstanden. Das elastische Element ist zwischen den Kugeln angeordnet und nimmt eine Belastung bzw. eine Last auf. Ein ringförmiges Element, das eine Zirkulationsbewegung gemeinsam mit den Kugeln durchführt, ist lose an der Außenseite des elastischen Elementes festgelegt.

Die japanische Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 57-101158 offenbart eine solche Konstruktion, bei der ein Abstandsstück ("shim") zwischen den benachbarten Kugeln gehalten wird und dazu dient, die Wälzreibung zwischen den Kugeln zu verhindern.

Die japanische Gebrauchsmusteranmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 1-113657 offenbart eine Konstruktion, bei der eine Abstandskugel 6 aus einem Harz bzw. Kunstharz zwischen den die Last aufnehmenden Kugeln 5 angeordnet ist, wie es in Fig. 34 dargestellt ist. Hierdurch wird verhindert, daß die Kugeln aneinanderstoßen, und das Auftreten von Geräuschen wird eingedämmt.

Im übrigen ist einer solchen, oben beschriebenen Kugelumlaufspindeleinrichtung beispielsweise eine Linearführung ähnlich, die konstruiert ist aus einer Führungsschiene, die sich in axialer Richtung erstreckt, einem Gleitstück, das rittlings auf dieser Führungsschiene vorgesehen ist, und aus Kugeln, die als Wälzelemente dienen und zwischen der Führungsschiene und dem Gleitstück angeordnet sind. Die obengenannte Kugelumlaufspindeleinrichtung und die Linearführung werden in der vorliegenden Anmeldung generell als Linearbewegungseinrichtung bezeichnet. Eine Linearbewegungseinrichtung ist definiert als eine Konstruktion aus einem äußeren Element, einem inneren Element, das diesem äußeren Element über einen Spalt gegenüberliegt, einer Mehrzahl von Kugeln, die zwischen dem äußeren und dem inneren Element angeordnet sind, und Abstandselementen, die zwischen jenen Kugeln angeordnet sind.

Im Falle der Linearführung nimmt das Gleitstück im Querschnitt beispielsweise im wesentlichen eine U-Form an und ist rittlings auf der Führungsschiene montiert, die eine winklige, balkenartige Form annimmt. In einer äußeren Oberfläche der Führungsschiene und in einer inneren Oberfläche des Gleitstückes, die der äußeren Oberfläche gegenüberliegt, sind jeweilige Spurvertiefungen ausgebildet, und die Mehrzahl von Kugeln, die als Wälzelemente dienen, ist in die Spurvertiefungen geladen, wodurch das Gleitstück und die Führungsschiene relativ zueinander lineare Bewegungen vollziehen können, und zwar mit Hilfe der Wälzelemente, die während des Wälzens zirkulieren. Im Falle dieses Typs von Linearführung ist das Gleitstück als das äußere Element definiert, wohingegen die Führungsschiene als das innere Element definiert ist. Andererseits hat ein anderer Typ von Linearführung eine solche Konstruktion, bei der ein winkliges Gleitstück in einem ausgenommenen Abschnitt der Führungsschiene aufgenommen ist, die im wesentlichen im Schnitt die U-Form annimmt, und die Kugeln sind in die Spurvertiefungen geladen, die jeweils in der inneren Oberfläche der Führungsschiene und in der äußeren Oberfläche des Gleitstückes ausgebildet sind, die der inneren Oberfläche der Führungsschiene gegenüberliegt. In diesem Fall ist das Führungselement als das äußere Element definiert, wohingegen das Gleitstück das innere Element ist.

Bei der oben beschriebenen Kugelumlaufspindeleinrichtung ist die Umlaufspindel, in deren äußerer Oberfläche die wendelförmige Umlaufvertiefung ausgebildet ist, in die Mutter eingeführt, deren innere Oberfläche mit der wendelförmigen Umlaufvertiefung versehen ist, und die Mehrzahl von Kugeln ist in die zwei Umlaufvertiefungen geladen, die einander gegenüberliegen. Wenn diese Kugeln eine wälzende Zirkulation vollziehen, führen die Mutter und die Umlaufwelle relativ zueinander ihre Dreh- und Linearbewegungen aus. Folglich ist im Falle der Kugelumlaufspindeleinrichtung die Mutter als das äußere Element definiert, wohingegen die Umlaufspindel als das innere Element definiert ist.

Das äußere Element der Linearbewegungseinrichtung stellt im Falle der Linearführung somit das Gleitstück oder die Führungsschiene dar, und stellt im Falle der Kugelumlaufspindeleinrichtung die Mutter dar. Ferner stellt das innere Element im Falle der Linearführung die Führungsschiene oder das Gleitstück dar, und stellt im Falle der Kugelumlaufspindel

deleinrichtung die Umlaufspindel dar.

Ein weiterer Stand der Technik, der sich auf die obige Linearbewegungseinrichtung bezieht, ist offenbart in der japanischen Patentanmeldung mit der Offenlegungsnummer 5-126148. Hierbei ist, wie es in Fig. 35 gezeigt ist, ein Abstandselement 7 mit zwei konkaven Flächen 6, 6 jeweils benachbart zu Kugeln 5, 5 zwischen zueinander benachbarten Kugeln 5, 5 angeordnet. Ferner ist in bezug auf ein Lager in der japanischen Patentanmeldung mit der Offenlegungsnummer 62-118116 eine Struktur offenbart, wie sie in Fig. 36 gezeigt ist. Hierbei ist ein hohles, rohrartiges Abstandselement 8 zwischen den benachbarten Kugeln 5, 5 angeordnet. Das Abstandselement 8 ist gebildet durch Abschneiden einer vorbestimmten Länge eines Stahlrohres, dessen Durchmesser kleiner ist als der Durchmesser der Kugeln 5. Ferner ist in der japanischen Patentanmeldung mit der Auslegungsnummer 40-24405 ein Teilungselement offenbart, das zwischen den benachbarten Kugeln angeordnet ist. Das Teilungselement hat zwei sphärische konkave Abschnitte, die jeweils einer Kugel gegenüberstehen, wobei ein Radius dieser Abschnitte etwas größer ist als der Radius der jeweiligen Kugel. Ferner ist in der Mitte des sphärischen konkaven Abschnittes des Teilungselementes ein Durchgangsloch ausgebildet, das als Reservoir für Schmieröl verwendet wird.

Ein Problem, das nur bei der oben beschriebenen Kugelumlaufspindeleinrichtung vorliegt, besteht darin, daß das Abstandselement, wie das elastische Element, das ringförmige Element und das Abstandsstück etc., die offenbart sind in den japanischen Patentanmeldungen mit den Offenlegungsnummern 56-116951 und 57-101158, zu einer Verringerung der Anzahl der Kugeln führt, die die Last aufnehmen. Dies führt dazu, daß die Fähigkeit der Lastaufnahme und die Festigkeit der Kugelumlaufspindeleinrichtung abnehmen. Ferner ist es so, daß das Abstandselement, wie das elastische Element, das ringförmige Element und das Abstandsstück etc., auf die Umlaufvertiefung auftreffen können, und zwar so, daß eine Neigung des Abstandselementes (aus einer geeigneten Lage) hervorgerufen wird, was zu einer Verschlechterung der zirkulativen Eigenschaften des Abstandselementes führt.

Ferner ist bei der Kugelumlaufspindeleinrichtung, die in der japanischen Gebrauchsmusteranmeldung mit der Offenlegungsnummer 1-113657 offenbart ist und die in Fig. 34 gezeigt ist, die Anzahl der Kugeln, die die Last aufnehmen, beispielsweise 10, wobei die Anzahl der Abstandselemente 6 ebenfalls beispielsweise 10 ist. Hierdurch wird ein Abstand zwischen den Kugeln 5, die die Last aufnehmen, groß, und die Anzahl der Kugeln 5, die die Last aufnehmen, wird etwa halbiert. Somit nehmen sowohl die Fähigkeit der Lastaufnahme als auch die Festigkeit der Kugelumlaufspindeleinrichtung ab.

Andererseits besteht ein Problem in bezug auf die Linearbewegungseinrichtung des Standes der Technik, die oben erläutert wurde, darin, daß es wünschenswert ist, eine Gleitreibung zwischen dem Abstandselement und der jeweiligen Kugel so klein wie möglich zu machen, um die Funktionsfähigkeit der Linearbewegungseinrichtung zu verbessern. Wenn jedoch, wie es in Fig. 35 gezeigt ist, eine Krümmung ($1/r$) der Kugel 5 gleich einer Krümmung ($1/R$) der konkaven Fläche 6 des Abstandselementes ist, tritt ein Gleitkontakt bzw. ein flächiger Reibkontakt auf, wenn die Kugel mit der gesamten konkaven Fläche des Abstandselementes in Berührung kommt. Dies führt dazu, daß die Reibkraft zunimmt und die Funktionsfähigkeit verschlechtert wird.

Es ist bei dieser Linearbewegungseinrichtung ferner außerordentlich wichtig, die Dicke des Abstandselementes einzustellen bzw. zu steuern, um in jedem Zug von endlos zirkulierenden Kugeln einen optimalen Gesamtspace einzustellen, d. h. eine Spannweite zwischen den Kugeln zu steuern, wenn das Abstandselement zwischen diesen angeordnet ist. Wie es in Fig. 35 gezeigt ist, können bei der Herstellung des Abstandselementes 7, das darauf abstellt, eine konkave Fläche 6 mit derselben Krümmung ($1/R$) wie die Krümmung ($1/r$) der Kugel 5 zu bilden, konkave Flächen 6 mit einer größeren und einer kleineren Krümmung als die Krümmung ($1/r$) der Kugel 5 gebildet werden, und zwar aufgrund von streuenden Werten der Abmessungen.

Insbesondere dann, wenn die Krümmung ($1/R$) der konkaven Fläche 6 des Abstandselementes 7 kleiner ist als die Krümmung ($1/r$) der Kugel 5, werden die Kugeln destabilisiert, wenn das Abstandselement 7 zwischen die Kugeln 5 eingesetzt wird. Es ist außerordentlich schwierig, eine Abmessung bzw. den Abstand zwischen den Kugeln 5 (d. h. die Dicke des Abstandselementes 7) zu messen. Das Problem ist, daß Abstandselemente 7, die eine hinreichend hohe Genauigkeit besitzen, nicht hergestellt werden können. Darüber hinaus ist es erforderlich, daß der Durchmesser des Abstandselementes kleiner ist als der Durchmesser der Kugel; im Falle des rohrartigen Abstandselementes 8, das in Fig. 36 gezeigt ist, wird ein Kerndurchmesser des rohrartigen Abstandselementes 8 aufgrund von dessen Dicke klein, so daß es schwierig ist, die Kugeln 5 zu stabilisieren. Zum Stabilisieren der Kugeln 5 gibt es keine andere Alternative, als den Außendurchmesser des rohrartigen Abstandselementes 8 zu vergrößern. Folglich tritt ein Problem auf, bei dem das Abstandselement 8 während der Zirkulation mit anderen Bauteilen in Kontakt kommt. Darüber hinaus ist bei der japanischen Patentanmeldung mit der Auslegungsnummer 40-24405 das in dem Teilungselement ausgebildete Durchgangselement als Reservoir für das Schmieröl eingesetzt, was dazu wirksam ist, ein Blockieren bzw. Festfressen zu verhindern, wenn eine Drehgeschwindigkeit und eine Umwälzgeschwindigkeit der Kugeln groß sind, wie im Falle von Wälzlagern. Bei der Linearbewegungseinrichtung tritt ein solches Problem des Blockierens jedoch kaum auf, da die obengenannten Geschwindigkeiten sehr viel geringer sind als jene bei Wälzlagern. Ein weiteres Problem bei diesem Beispiel des Standes der Technik besteht darin, daß die Kapazität zur Aufnahme von Öl in diesem Durchgangsloch nicht hinreichend ist.

Es ist eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Kugelumlaufspindeleinrichtung und eine Linearbewegungseinrichtung bereitzustellen, mit denen sich Verringerungen der Lastkapazität und der Festigkeit ausschließen lassen, und zwar selbst bei einem Zwang, die Anzahl der Lastkugeln zu verringern, im Falle, daß Abstandselemente zwischen den Lastkugeln angeordnet sind. Daneben ist es eine Aufgabe, die Zirkulationseigenschaften des Abstandselementes zu verbessern, indem die Reibung zwischen den Lastkugeln und dem Abstandselement minimiert wird, und eine Verschlechterung der Funktionsfähigkeit und ein Auftreten von Geräuschen aufgrund eines Aufeinanderschlagens von Kugeln, eine Abnahme der Qualität des erzeugten Klangs und Reibschäden an den Kugeln zu vermeiden.

Um die obige Aufgabe zu erzielen, umfaßt gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Kugelumlaufspindeleinrichtung eine Umlaufspindel, an deren äußerer Umfangsfläche eine wendelförmige bzw. schraubenförmige Umlaufvertiefung ausgebildet ist, eine Mutter, an deren innerer Umfangsfläche eine wendelförmige Umlaufvertiefung ausgebildet ist, und zwar in Entsprechung zu der wendelförmigen Umlaufvertiefung der Umlaufspindel, wobei ein

wendelförmiger Zirkulationspfad durch die zwei wendelförmigen Umlaufvertiefungen definiert wird, und wobei eine Vielzahl von Kugeln so in dem wendelförmigen Zirkulationspfad angeordnet ist, daß sie hierin wälzen können. Ein Abstandselement mit zwei konkaven Flächen, die jeweiligen Kugeln gegenüberstehen, ist zwischen zueinander benachbarten Kugeln angeordnet, und ein Abschnitt von jeder der konkaven Flächen des Abstandselementes ist aus zwei kreisförmigen Bögen gebildet, deren zentrale bzw. Ursprungspositionen voneinander abweichen, wobei eine gotische Wölbung gebildet wird.

Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist das Abstandselement mit den zwei konkaven Oberflächen, die jeweiligen Kugeln gegenüberstehen, zwischen benachbarten Kugeln angeordnet. Das Abstandselement besitzt eine solche Konfiguration der konkaven Flächen, daß die benachbarten Kugeln mit den konkaven Flächen jeweils in Form eines Linien- oder Punktkontaktes in Berührung kommen, so daß ein kleinerer Gleitwiderstandswert erzielt wird. Beispielsweise ist jede konkave Fläche des Abstandselementes im Schnitt aus zwei kreisförmigen Bögen gebildet, deren zentrale bzw. Ursprungspositionen voneinander abweichen, so daß die Form von einer Art gotischen Wölbung erzielt wird. Daher können die Lastkugeln innerhalb der wendelförmigen Umlaufvertiefungen gut zirkulieren, während sie die konkaven Flächen des Abstandselementes kontaktieren, die aus den kreisförmigen Bögen unter Bildung der gotischen Wölbung geformt sind. Die Kugelumlaufspindeleinrichtung ist daher in der Lage, die Reibung zwischen den Lastkugeln und den Abstandselementen zu reduzieren, wodurch die Zirkulationseigenschaften des Abstandselementes verbessert werden und eine Verschlechterung der Funktionsfähigkeit und das Auftreten von Geräuschen aufgrund eines Aufeinander-schlagens der Kugeln sowie eine Verschlechterung des erzeugten Klangs und auch Reibschäden an den Kugeln vermieden werden. Daneben besitzt das Abstandselement vorzugsweise eine solche Konfiguration, daß die Dicke des Abstandselementes kleiner ist als jene einer Abstandskugel. Daher besteht keine Gefahr, daß eine Verringerung der Lastkapazität und der Festigkeit durch den Zwang, die Anzahl der Lastkugeln zu reduzieren, hervorgerufen wird.

Bei der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird dann, wenn sämtliche Kugeln und sämtliche Abstandselemente, die in den wendelförmigen Zirkulationspfad eingeführt sind, zu einer Seite hin zusammengedrückt werden, zwischen einer vorderen Kugel und einem hinteren Abstandselement ein Spalt ausgebildet, der als Gesamtpalt bezeichnet wird. Unter der Annahme, daß ein Abstand bzw. eine Breite ($S1$) dieses Gesamtpaltes größer ist als null ($S1 > 0$) und daß das eine Abstandselement, d. h. das am Ende angeordnete Abstandselement, weggelassen wird, ist die Anzahl der Kugeln und die Anzahl der Abstandselemente so eingestellt, daß ein Abstand ($S2$) eines Spaltes zwischen der vorderen Kugel und der hinteren Kugel kleiner ist als der 0,8-fache Wert des Durchmessers (ds) des Abstandselementes ($S2 < 0,8 \times ds$).

Wie oben beschrieben, wird der Gesamtpalt in dem Zirkulationspfad auf einen Wert größer als null eingestellt, und ein Abstandselement wird herausgenommen. Zu diesem Zeitpunkt wird der Abstand bzw. die Breite des Spaltes zwischen der vorderen Kugel und der hinteren Kugel gemäß der oben angegebenen Beziehung von numerischen Werten eingestellt. In diesem Fall kann es nicht auftreten, daß das Abstandselement innerhalb des Zirkulationspfades aufgrund eines zu großen Spaltes in dem Zirkulationspfad schräg abkippt. Ferner wird niemals ein betriebsmäßiger Defekt hervorgerufen werden durch die Reibung zwischen den Kugeln und dem Abstandselement, was hervorgerufen werden könnte, wenn der Spalt in dem Zirkulationspfad zu klein wäre. Der Spalt in dem Zirkulationspfad wird geeignet eingestellt, und daher wird kein Abstandselement zu irgendeinem Zeitpunkt um 60° oder mehr abgekippt, so daß die sehr gute Funktionsfähigkeit aufrechterhalten werden kann.

Bei der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ist es bevorzugt, wenn das Abstandselement so konstruiert ist, daß es zwischen benachbarten Kugeln elastisch deformierbar ist.

Das Abstandselement ist folglich zwischen benachbarten Kugeln elastisch deformierbar. In diesem Fall kann die Entfernung von Kugel zu Kugel durch die elastische Deformation des Abstandselementes gesteuert werden.

Folglich kann die Füllrate bzw. Füllmenge mit Kugeln und Abstandselementen in bezug auf eine Kreislänge außerordentlich leicht auf einen geeigneten Wert eingestellt werden. Beispielsweise kann die Füllmenge durch einen einzigen Typ Abstandselement gesteuert werden, was die aufwendige Konstruktionsarbeit überflüssig macht, diverse Typen von Abstandselementen auf der Grundlage von Versuchen vorzubereiten und diese Abstandselemente miteinander zu kombinieren.

Ferner ist es auch möglich, eine Füllmenge von 100% (d. h. der Abstand zwischen den Kugeln und den Abstandselementen beträgt jeweils null) zu erzielen, wenn dies notwendig sein sollte. Es ist anzumerken, daß das Abstandselement aufgrund der Struktur bzw. der Konstruktion elastisch deformierbar sein kann, oder allein aufgrund des gewählten Materials des Abstandselementes.

Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Kugelumlaufspindeleinrichtung eine Umlaufspindel, an deren äußerer Umfangsfläche eine wendelförmige Umlaufvertiefung ausgebildet ist, eine Mutter, an deren innerer Umfangsfläche eine wendelförmige Umlaufvertiefung entsprechend der wendelförmigen Umlaufvertiefung der Umlaufspindel ausgebildet ist, wobei ein wendelförmiger Zirkulationspfad durch die zwei wendelförmigen Umlaufvertiefungen definiert ist, und eine Mehrzahl von Kugeln, die so in dem wendelförmigen Zirkulationspfad angeordnet sind, daß sie dort wälzen können. Bei dieser Kugelumlaufspindeleinrichtung ist ein Abstandselement mit zwei konkaven Flächen, die jeweiligen Kugeln gegenüberstehen, zwischen zueinander benachbarten Kugeln angeordnet. Unter der Annahme, daß sämtliche Kugeln und sämtliche Abstandselemente, die in den wendelförmigen Zirkulationspfad eingeführt sind, zu einer Seite hin zusammengedrückt sind, wird ein Spalt gebildet zwischen einer vorderen Kugel und einem hinteren Abstandselement, der Gesamtpalt genannt wird. Unter der Annahme, daß ein Abstand bzw. eine Länge ($S1$) dieses Gesamtpaltes größer ist als null ($S1 > 0$) und daß das eine Abstandselement, d. h. das hintere Abstandselement, weggelassen wird, wird die Anzahl der Kugeln und die Anzahl der Abstandselemente so eingestellt, daß ein Abstand bzw. eine Länge ($S2$) eines Spaltes zwischen der vorderen Kugel und einer hinteren Kugel kleiner ist als der 0,8-fache Wert des Durchmessers (ds) des Abstandselementes ($S2 < 0,8 \times ds$).

Wie oben beschrieben, wird der Gesamtpalt in dem Zirkulationspfad auf einen Wert größer als null eingestellt, und ein Abstandselement wird weggelassen. Zu diesem Zeitpunkt wird die Länge des Spaltes zwischen der vorderen Kugel und der hinteren Kugel in Übereinstimmung mit der oben angegebenen Beziehung von numerischen Werten eingestellt.

Somit tritt niemals der Fall auf, daß das Abstandselement aufgrund eines zu großen Spaltes in dem Zirkulationspfad innerhalb desselben zu weit abkippt. Es kann ferner niemals der Fall auftreten, daß aufgrund eines zu kleinen Spaltes in dem Zirkulationspfad ein betriebsmäßiger Defekt hervorgerufen wird durch die Reibung zwischen den Kugeln und den Abstandselementen. Der Spalt im Zirkulationspfad wird geeignet eingestellt, und daher kann nicht der Fall auftreten, daß das Abstandselement um etwa 60° oder mehr abkippt. Somit kann die gute Funktionsfähigkeit beibehalten werden.

Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Linearbewegungseinrichtung ein äußeres Element, ein inneres Element, das dem äußeren Element über einen Spalt gegenübersteht, eine Mehrzahl von Kugeln, die zwischen dem äußeren Element und dem inneren Element angeordnet sind, und ein Abstandselement, das zwischen den Kugeln angeordnet ist. Bei dieser Linearbewegungseinrichtung besitzt das Abstandselement eine solche Konfiguration, daß zueinander benachbarte Kugeln mit äußeren Kanten des Abstandselementes oder mit Abschnitten in der Nachbarschaft der äußeren Kanten in Berührung kommen.

Somit besitzt das Abstandselement bei der Linearbewegungseinrichtung gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine solche Konfiguration, daß zueinander benachbarte Kugeln mit den äußeren Kanten oder Abschnitten benachbart zu den äußeren Kanten des Abstandselementes in Berührung kommen. Folglich ist das Abstandselement in der Lage, die Kugel in einem sehr viel weiteren Bereich zu halten, und es ist möglich, für das Abstandselement eine noch größere Haltetoleranz zu erlangen, um die Kugel zu halten. Weiterhin läßt sich die Kugel leicht stabilisieren, und die Messung einer Abmessung (d. h. die Dicke des Abstandselementes) zwischen den Kugeln ist erleichtert, wodurch ein Abstandselement mit einer hohen Präzision gefertigt werden kann.

Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Linearbewegungseinrichtung ein äußeres Element, ein inneres Element, das dem äußeren Element über einen Spalt gegenübersteht, eine Mehrzahl von Kugeln, die zwischen dem äußeren Element und dem inneren Element angeordnet sind, und ein zwischen den Kugeln angeordnetes Abstandselement bzw. wenigstens ein solches Abstandselement. Bei dieser Linearbewegungseinrichtung besitzt das Abstandselement konkave Flächen, mit denen zueinander benachbarte Kugeln in linienförmigen Kontakt kommen.

Folglich ist bei der Linearbewegungseinrichtung gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung das Abstandselement zwischen den Kugeln angeordnet und besitzt die konkaven Flächen, mit denen die benachbarten Kugeln in linienförmigen bzw. linearen Kontakt kommen. Somit ist die Reibung zwischen den Kugeln und dem Abstandselement klein, und es ist möglich, eine Verschlechterung der Funktionsfähigkeit, das Auftreten von Geräuschen aufgrund eines Aufeinanderschlagens der Kugeln, eine Verschlechterung des erzeugten Klangs und Reibschäden an den Kugeln zu vermeiden. Bei der Linearbewegungseinrichtung gemäß dem dritten oder dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung besitzt das Abstandselement eine solche Konfiguration, daß die benachbarten Kugeln vorzugsweise mit wenigstens drei oder mehr Abschnitten des Abstandselementes in Kontakt gebracht werden.

Wie oben beschrieben, nimmt das Abstandselement eine solche Konfiguration ein, daß die benachbarten Kugeln mit wenigstens drei oder mehr Abschnitten des Abstandselementes in Kontakt kommen. In diesem Fall können die Kugeln das Abstandselement mit außerordentlich geringer Reibung kontaktieren. Die Reibung zwischen den Kugeln und dem Abstandselement kann bemerkenswert verringert werden, indem man den Gleitwiderstandswert zwischen den Kugeln und dem Abstandselement verringert, wodurch die Zirkulationscharakteristik der Kugeln und der Abstandselemente verbessert wird. Gleichzeitig sind die Kugeln leicht zu stabilisieren, und es kann darüber hinaus leicht ein Schmiermittel dem Abstandselement zugeführt werden. Der Gleitwiderstandswert bzw. Schubwiderstand kann hierdurch sehr viel kleiner ausgebildet werden.

Gemäß einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Linearbewegungseinrichtung ein äußeres Element, ein inneres Element, das dem äußeren Element über einen Spalt gegenübersteht, eine Mehrzahl von Kugeln, die zwischen dem äußeren Element und dem inneren Element angeordnet sind, und ein Abstandselement, das zwischen den Kugeln angeordnet ist, wobei das Abstandselement in seinem dünnsten Abschnitt ein Durchgangsloch aufweist.

Wie oben beschrieben, besitzt das Abstandselement gemäß dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung in seinem dünnsten Abschnitt das Durchgangsloch. Bei der Linearbewegungseinrichtung sind die Drehgeschwindigkeit und die Umwälzgeschwindigkeit der Kugeln außerordentlich niedrig im Vergleich zu einem Wälzlager, und daher treten Probleme hinsichtlich eines Festfressens nahezu nicht auf. Eine Kontaktfläche zwischen den Kugeln und dem Abstandselement wird aufgrund des Durchgangsloches des Abstandselementes jedoch sehr viel kleiner, und eine Fluktuation der kinetischen Reibkraft kann außerordentlich klein gemacht werden. Zur selben Zeit besteht ein Vorteil dahingehend, daß ein Einfluß auf die Festigkeit bemerkenswert klein ist, da das Durchgangsloch in dem Abschnitt kleinster Dicke zwischen den konkaven Oberflächen ausgebildet ist.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A eine Seitenansicht einer Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1B eine Schnittdansicht eines in der in Fig. 1A gezeigten Kugelumlaufspindeleinrichtung installierten Abstandselementes;

Fig. 2A eine vergrößerte Ansicht von Kugeln und dem Abstandselement der Kugelumlaufspindeleinrichtung, die in den Fig. 1A und 1B gezeigt ist;

Fig. 2B eine Ansicht zur Erläuterung einer Konfiguration einer gotischen Wölbung;

Fig. 3 eine vergrößerte Ansicht des Abstandselementes der in Fig. 1B gezeigten Kugelumlaufspindeleinrichtung, aus einer Betrachtungsrichtung C, die in Fig. 1B gezeigt ist;

Fig. 4A eine Teilschnittansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer ersten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4B eine Darstellung zur Erläuterung des Prinzips der ersten Modifikation;

Fig. 5 eine Teilschnittansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer zweiten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine Teilschnittansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer dritten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

5 Fig. 7 eine Draufsicht auf die Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer vierten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8A eine Darstellung zur Erläuterung des Prinzips der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8B eine Schnittansicht des in Fig. 8A gezeigten Abstandselementes;

10 Fig. 9 eine Seitenansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 10 eine Seitenansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer Modifikation der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

15 Fig. 11 eine vergrößerte Ansicht der Kugeln und des Abstandselementes der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12 eine Seitenansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13 eine vergrößerte Ansicht der Kugeln und des Abstandselementes der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer Modifikation der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

20 Fig. 14 eine perspektivische Ansicht einer Linearführung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 15 eine vergrößerte Schnittansicht der in Fig. 14 gezeigten Linearführung;

Fig. 16 eine vergrößerte Schnittansicht der in der in Fig. 14 gezeigten Linearführung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes;

25 Fig. 17 eine vergrößerte Schnittansicht der in der Linearführung gemäß einer ersten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Kugeln und des Abstandselementes, das zwischen den Kugeln angeordnet ist;

Fig. 18 eine vergrößerte Schnittansicht der in der Linearführung gemäß einer zweiten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes;

30 Fig. 19 eine vergrößerte Schnittansicht der in der Linearführung gemäß einer dritten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes;

35 Fig. 20 eine vergrößerte Schnittansicht der in der Linearführung gemäß einer vierten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes;

Fig. 21 eine vergrößerte Schnittansicht der in der Linearführung gemäß einer fünften Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes;

40 Fig. 22 eine vergrößerte Schnittansicht der in der Linearführung gemäß einer sechsten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes;

Fig. 23 eine vergrößerte Schnittansicht der in der Linearführung gemäß einer siebten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes;

45 Fig. 24A eine Schnittansicht des in der Linearführung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Abstandselementes;

Fig. 24B eine Seitenansicht des in Fig. 24A gezeigten Abstandselementes;

50 Fig. 25 eine Schnittansicht des in der Linearführung gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Abstandselementes;

Fig. 26 eine Schnittansicht des in der Linearführung gemäß einer Modifikation der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installierten Abstandselementes;

Fig. 27 ein Diagramm, das das Ergebnis einer Prüfung eines Beispiels der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

55 Fig. 28 ein Diagramm, das das Ergebnis einer Prüfung eines Vergleichsbeispiels 1 der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 29 ein Diagramm, das das Ergebnis einer Prüfung eines Vergleichsbeispiels 2 der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

60 Fig. 30 ein Diagramm, das das Ergebnis einer Prüfung eines Vergleichsbeispiels 3 der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 31 ein Diagramm, das das Ergebnis einer Prüfung eines Beispiels der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 32 ein Diagramm, das das Ergebnis einer Prüfung eines Vergleichsbeispiels der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

65 Fig. 33 eine Seitenansicht einer Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 34 eine Seitenansicht einer weiteren Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 35 eine Schnittansicht der Kugeln und des Abstandselementes des Standes der Technik; und

Fig. 36 eine Schnittansicht weiterer Kugeln und eines weiteren Abstandselementes gemäß dem Stand der Technik.

Nachstehend werden eine Kugelumlaufspindeleinrichtung und eine Linearbewegungseinrichtung gemäß bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung beschrieben.

Die erste bis dritte Ausführungsform befassen sich mit der Kugelumlaufspindeleinrichtung, die vierte bis sechste Ausführungsform mit einer Linearführung.

(Erste Ausführungsform)

Fig. 1A ist eine Seitenansicht einer Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 1B ist eine vergrößerte Schnittansicht eines Abstandselementes, das in der in Fig. 1A dargestellten Kugelumlaufspindeleinrichtung installiert ist. Fig. 2A ist eine vergrößerte Ansicht von zwei Kugeln der Kugelumlaufspindeleinrichtung, die in Fig. 1A gezeigt ist, und des Abstandselementes. Fig. 2B ist eine Ansicht zur Erläuterung der Konfiguration einer gotischen Wölbung. Fig. 3 ist eine vergrößerte Ansicht des Abstandselementes der in den Fig. 1A und 1B dargestellten Kugelumlaufspindeleinrichtung.

Wie es in Fig. 1A dargestellt ist, sind in einer äußeren Umfangsfläche einer Umlaufspindel 1 und in einer inneren Umfangsfläche einer Mutter 2 wendelförmige Umlaufvertiefungen 3, 4 ausgebildet, die einander entsprechen. Eine Mehrzahl von Kugeln 5 ist wälzbar in einem wendelförmigen Zirkulationspfad angeordnet, der durch die zwei Umlaufvertiefungen 3, 4 definiert ist. Wenn die Umlaufspindel 1 oder die Mutter 2 in axialer Richtung bewegt wird, indem die Umlaufspindel 1 und die Mutter 2 relativ zueinander verdreht werden, vollziehen die Umlaufspindel 1 bzw. die Mutter 2 eine laufruhige, wendelförmige Relativbewegung zueinander, indem die Vielzahl von Kugeln wälzen. Es ist anzumerken, daß ein Kugel-Zirkulationsverfahren in der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß der ersten Ausführungsform auf alle derartigen Typen anwendbar ist, wie ein Typ mit Zirkulation am Stück ("circulation piece type"), ein Typ mit Endkappe und ein Rohrtyp etc. Eine Mehrzahl von Abstandselementen 10, die jeweils aus einem kugelförmigen Gegenstand hergestellt sind, ist jeweils zwischen benachbarten Kugeln 5 angeordnet, die eine Last aufnehmen. Das Abstandselement 10 ist, wie es in Fig. 1B gezeigt ist, mit zwei konkaven Flächen 11, 11 ausgebildet.

In der Schnittansicht ist jede konkave Fläche 11 aus zwei kreisförmigen Bögen gebildet, deren zentrale bzw. Mittenpositionen voneinander abweichen, unter Ausbildung einer "gotischen Wölbung". Genauer gesagt, nimmt die gotische Wölbung eine solche Konfiguration ein, wie es in Fig. 2B gezeigt ist, daß die zwei Mittenpositionen um einen vorbestimmten Abstand voneinander abweichen, wobei von den zwei Mittenpositionen jeweils ein Bogen mit einem Radius R ausgeht. Wie es in Fig. 2A dargestellt ist, schneiden sich die von den zwei Mittenpositionen (X, X) der jeweiligen konkaven Fläche 11 ausgehenden, eine Verbindung zu dem jeweiligen Bogen herstellenden Linien, d. h. die Radien, einander in einer zentralen Position (Y) der Kugel 5, wobei sie um eine vorbestimmte Distanz voneinander abweichen.

Somit nimmt der Schnitt jeder konkaven Fläche 11 die Form einer gotischen Wölbung bzw. eines gotischen Bogens an, und die Kugel 5 kann daher, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, die konkave Fläche 11 des Abstandselementes auf einer kreisförmigen Linienform kontaktieren, wie es durch eine gestrichelte Linie Z gezeigt ist.

Folglich kann die Kugel 5 mit der konkaven Fläche 11 des Abstandselementes 10 unter Aufbau einer außerordentlich geringen Reibung in Kontakt gebracht werden. Es ist möglich, die Reibung zwischen diesen Elementen bemerkenswert zu reduzieren, indem ein Schubwiderstand zwischen der Kugel 5 und dem Abstandselement 10 verringert wird. Folglich ist eine Zirkulationscharakteristik des Abstandselementes 10 verbessert, und es ist gleichfalls möglich, die Kugeln 5 sicher davor zu bewahren, daß diese sich hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit aufgrund eines Aufeinanderschlagens der Kugeln 5 verschlechtern und aufgrund der Reibung zwischen ihnen beschädigt werden. Es kann niemals vorkommen, daß Fluktuationen im Drehmoment auftreten oder Geräuschprobleme hervorgerufen werden.

Daneben kann das Abstandselement 10 von einer sehr viel kleineren Konfiguration sein als die Abstandskugel des Standes der Technik. Daher besteht keine Notwendigkeit, die Anzahl der Kugeln 5, die die Last aufnehmen, zu reduzieren. D. h., bei der herkömmlichen Kugelumlaufspindeleinrichtung mit den Abstandskugeln, die in Fig. 34 gezeigt ist, ist die Anzahl der Last aufnehmenden Kugeln 5 gleich zehn (10), und die Anzahl der Abstandskugeln 6 ist zehn (10). Im Gegensatz hierzu ist bei der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß der ersten Ausführungsform, die in Fig. 1A gezeigt ist, die Anzahl der Last aufnehmenden Kugeln 5 achtzehn (18), und die Anzahl der Abstandselemente 10 ist achtzehn (18). Die Anzahl der Last tragenden Kugeln 5 ist im Vergleich zum Stand der Technik etwa nahezu doppelt so groß. Folglich besteht keine Möglichkeit, daß die Kapazität zur Lastaufnahme oder die Festigkeit abnehmen könnten aufgrund einer Verringerung der Anzahl der Lastkugeln 5.

Es ist anzumerken, daß ein Verhältnis der Anzahl der Kugeln 5 zu der Anzahl der Abstandselemente 10 bei dem in Fig. 1A gezeigten Beispiel 1 : 1 beträgt, natürlich jedoch auch 2 : 1 oder 3 : 1 betragen kann.

Fig. 4A ist eine seitliche Teilansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer ersten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 4B ist eine Ansicht zum Erläutern des Prinzips jener ersten Modifikation.

Wenn ein Durchmesser des kugelförmigen Körpers zum Konstruieren des Abstandselementes 10 gleich dem Durchmesser der Kugel 5 gesetzt wird, wie es in Fig. 4B gezeigt ist, dann ergibt sich dann, wenn die Kugel 5 so angeordnet ist, daß sie die konkave Fläche 11 des Abstandselementes 10 kontaktiert, daß das Abstandselement 10 in bezug auf die Umlaufvertiefung 3 ein Übermaß aufweist.

Folglich wird bei der ersten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Mitte C zwischen zentralen Positionen (Y, Y) von zwei zueinander benachbarten Kugeln 5, 5 als Mitte des kugelförmigen Körpers zum Konstruieren des Abstandselementes 10 gesetzt, und ein Durchmesser (d), nämlich der Außendurchmesser des kugelförmigen Körpers, wird so eingestellt, daß der Radius die Entfernung von dem zentralen Punkt C zu der Umlaufvertiefung 3 beträgt oder kürzer ist. Daher kann es niemals auftreten, daß das Abstandselement 10 in bezug auf die Umlaufvertiefung 3 ein Übermaß besitzt. Das Abstandselement 10 mit verringertem Durchmesser kann stabil zwischen den Kugeln 5 angeordnet werden, wobei eine gute Funktionsfähigkeit dargeboten wird.

Fig. 5 ist eine seitliche Teilansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer zweiten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Bei der zweiten Modifikation der ersten Ausführungsform ist das Abstandselement 10 mit einem Durchgangsloch 12 zwischen den zwei konkaven Flächen 11, 11 ausgebildet. Das Durchgangsloch 12 enthält ein Schmiermittel, wie Schmierfett, Oleoresin etc. Mit diesem Schmiermittel ist der Schubwiderstand zwischen der Kugel 5 und dem Abstandselement 10 weiter verringert, und die Reibung kann hierdurch bemerkenswert reduziert werden, wodurch die Zirkulationseigenschaft des Abstandselementes 10 weiter verbessert wird. Es ist anzumerken, daß das Verfahren zum Zirkulieren von Kugeln in der Kugelumlaufspindeleinrichtung der zweiten Modifikation der ersten Ausführungsform auf alle Arten von solchen Einrichtungen anwendbar ist, wie solche vom einstückigen Zirkulationstyp, vom Endkappentyp, vom Rohrtyp etc. Ferner ist durch die Verwendung des Fettes und des Oleoresins die Haltefähigkeit in bezug auf das Durchgangsloch 12 gesteigert.

Fig. 6 ist eine seitliche Teilansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer dritten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Bei der dritten Modifikation der ersten Ausführungsform ist das Abstandselement 10 mit dem Durchgangsloch 12 zwischen den zwei konkaven Flächen 11, 11 ausgebildet. In diesem Durchgangsloch 12 ist eine Kugel 13 mit kleinem Durchmesser angeordnet.

Die Kugel 13 mit kleinem Durchmesser wird mit der Kugel 5 in Wälzkontakt gebracht, während sich das Abstandselement 10 im Punktkontakt (nicht linearer Kontakt) der Kugel 5 befindet. Es ist daher möglich, den Schubwiderstand bzw. Gleitwiderstand zwischen der Kugel 5 und dem Abstandselement 10 weiter zu reduzieren und hierdurch die Reibung zwischen diesen Elementen bemerkenswert zu verringern. Die Zirkulationseigenschaft des Abstandselementes 10 kann ebenfalls gesteigert werden.

Es ist anzumerken, daß das Verfahren zum Zirkulieren von Kugeln in der Kugelumlaufspindeleinrichtung der dritten Modifikation der ersten Ausführungsform auf alle Arten von solchen Einrichtungen anwendbar ist, wie der einstückige Zirkulationstyp, der Endkappentyp und der Rohrtyp etc.

Fig. 7 ist eine Draufsicht auf die Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer vierten Modifikation der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Die Kugelumlaufspindeleinrichtung der vierten Modifikation der ersten Ausführungsform ist klassifiziert als Kugelumlaufspindeleinrichtung vom Rohr-Zirkulationstyp mit einem Zirkulationsrohr bzw. -kanal 14, ausgebildet im Rahmen der Umlaufvertiefungen 3, 4, durch den die Kugeln 5 und die Abstandselemente 10 zirkulierbar sind.

Der Zirkulationskanal 14 ist ebenfalls mit einem Biegeradius ausgebildet. Gemäß der vierten Modifikation der ersten Ausführungsform wird dieser Biegeradius (R) auf einen Wert gleich dem Radius eines Kugelmittendurchmessers (BCD) der Umlaufvertiefung 3 der Umlaufspindel 1 eingestellt. Hierdurch kann das Abstandselement 10, das aus dem kugelförmigen Körper mit dem Durchmesser (d) hergestellt ist, wie in bezug auf die erste Modifikation der ersten Ausführungsform angegeben, mit guter Funktionsfähigkeit durch den Zirkulationskanal 14 mit dem Biegeradius hindurchgehen.

Es ist anzumerken, daß die erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in vielfacher Hinsicht modifiziert werden kann. Beispielsweise kann das Material, aus dem das Abstandselement 10 gebildet wird, ein Stahl sein, das Oleoresin, ein Harz oder ein oleoresin-geintertes Metall. Im Falle des Oleoresins kann das Öl ständig aus dem Oleoresin in den durch die wendelförmigen Umlaufvertiefungen gebildeten Zirkulationspfad gespeist werden. Somit kann eine Langzeit-Schmierfunktion wartungsfrei sichergestellt werden, und die Eigenschaften gegen Abrieb können verbessert werden.

(Zweite Ausführungsform)

Fig. 8A ist eine beispielhafte Ansicht, die das Prinzip der Kugelumlaufspindeleinrichtung einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Fig. 8B ist eine Schnittansicht des Abstandselementes. Fig. 9 ist eine Seitenansicht, die die Kugelumlaufspindeleinrichtung der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

In der zweiten Ausführungsform, wie es in Fig. 8A gezeigt ist, ist dann, wenn man annimmt, daß sämtliche Kugeln und sämtliche Abstandselemente 10, die in den wendelförmigen Zirkulationspfad eingeführt sind, der durch die Umlaufvertiefungen 3, 4 definiert ist, zu einer Seite hin zusammengedrückt sind, ein Spalt ausgebildet zwischen einer vorderen Kugel (LEAD-B) und einem hinteren Abstandselement (TAIL-S). Dieser Spalt wird Gesamtspace genannt. Wenn man annimmt, daß die Länge bzw. der Abstand (S1) dieses Gesamtspace größer ist als null (d. h. $S1 > 0$), und wenn man ferner annimmt, daß ein Abstandselement, d. h. das hintere Abstandselement (TAIL-S) weggelassen wird, sind die Anzahl der Kugeln 5 und die Anzahl der Abstandselemente 10 so eingestellt, daß eine Breite bzw. ein Abstand (S2) eines Spaltes zwischen der vorderen Kugel (LEAD-B) und einer hinteren Kugel (TAIL-B) kleiner ist als ein 0,8-facher Wert des Durchmessers (d_s , siehe Fig. 8B) des Abstandselementes (d. h. $S2 < 0,8 \times d_s$).

Die Abstände bzw. Breiten (S1, S2) der Spalte können, um genau zu sein, gesteuert werden dadurch, daß man die Konstruktionswerte einer Rinnenhöhe (h) des Zirkulationskanals 14, einen Teilungswinkel (γ) ("rake angle") der Kugeln 5 und den Biegeradius (R) des Zirkulationskanals 14 verändert.

Wie oben beschrieben, wird die Breite (S1) des Gesamtspace in dem Zirkulationspfad so eingestellt, daß $S1 > 0$, und die Breite (S2) des Spaltes zwischen der vorderen Kugel (LEAD-B) und der hinteren Kugel (TAIL-B) ist im Falle des Wegnehmens des einzelnen Abstandselementes (TAIL-S) derart eingestellt, daß $S2 < 0,8 \times d_s$. Daher tritt niemals der Fall auf, daß das Abstandselement 10 deshalb, weil die Breite dieses Spaltes im Inneren des Zirkulationspfades zu groß ist, in dem Zirkulationspfad schräg liegt bzw. abkippt. Es besteht weiterhin keine Möglichkeit, daß sich aufgrund der Reibung zwischen der Kugel 5 und dem Abstandselement 10 aufgrund eines zu kleinen Wertes der Breite des Spaltes im Inneren des Zirkulationspfades funktionsmäßig verschlechtert. Die Werte der Breite (S1, S2) im Inneren des Zirkulationspfades werden geeignet eingestellt, und somit wird kein Abstandselement 10 innerhalb des Zirkulationspfades um etwa 60° oder mehr abgekippt. Es kann eine gute Funktionsfähigkeit aufrechterhalten werden.

Fig. 10 ist eine Seitenansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer Modifikation der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei dieser Modifikation sind diverse Typen von Abstandselementen 10 vorhanden, die jeweils eine unterschiedliche Breite besitzen. Beispielsweise sind, wie es in Fig. 10 gezeigt ist, einige Abstandselemente 10 mit einer Breite A vorhanden, einige Abstandselemente 10 mit einer Breite B, einige Abstandselemente 10 mit einer

Breite C ... Die Breiten- bzw. Abstandswerte (S1, S2) der Spalte werden gesteuert entsprechend den Differenzen zwischen den Breiten A, B, C ... Auch in diesem Fall kann, da die Breitenwerte (S1, S2) in dem Zirkulationspfad geeignet eingestellt sind, niemals die Situation auftreten, daß ein Abstandselement 10 um etwa 60° oder mehr in dem Zirkulationspfad abkippt. Daher kann eine gute Funktionsfähigkeit aufrechterhalten werden. Es ist anzumerken, daß sich der Durchmesser der Abstandselemente 10 nicht ändert. Es besteht daher keine Notwendigkeit, die Mutter 2 besonders zu konstruieren. 5

Die Konfiguration der Abstandselemente muß bei dieser Ausführungsform im Schnitt nicht einer gotischen Wölbung folgen, sondern kann durch einen einzelnen Radius oder eine U-Form gebildet sein.

Beispiele und Vergleichsbeispiele der zweiten Ausführungsform werden weiter hinten erläutert.

(Dritte Ausführungsform)

Fig. 11 ist eine vergrößerte Ansicht, die zwei Kugeln und ein dazwischenliegendes Abstandselement der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Fig. 12 ist eine Seitenansicht der Kugelumlaufspindeleinrichtung der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. 10

Die Kugelumlaufspindeleinrichtung der dritten Ausführungsform ist, wie sie in Fig. 12 dargestellt ist, als Kugelumlaufspindeleinrichtung vom Rohr- bzw. Kanalzirkulationstyp einzuklassifizieren und umfaßt einen Zirkulationskanal 14, der im Rahmen der Umlaufvertiefungen 3, 4 gebildet ist und durch den die Kugeln 5 und die Abstandselemente 10 zirkuliert werden. 15

Der Zirkulationskanal 14 ist ebenfalls mit einem Biegeradius ausgebildet. Auch gemäß der dritten Ausführungsform ist dieser Biegeradius (R) gleich dem Radius des Kugelmittendurchmessers (BCD) der Umlaufvertiefung 3 der Umlaufspindel 1 eingestellt. 20

Wie es in Fig. 11 gezeigt ist, ist das Abstandselement 10 aus einem kugelförmigen Körper hergestellt, mit zwei konkaven Flächen 11, 11. Der Schnitt jeder konkaven Fläche 11 kann durch zwei kreisförmige Bögen gebildet sein, deren Mittenpositionen bzw. Ursprünge voneinander abweichen, so daß eine Konfiguration einer gotischen Wölbung erhalten wird, und kann jedoch auch durch andere Konfigurationen gebildet sein. Das Abstandselement 10 ist so konstruiert, daß es die Kugel 5 an einem Kontaktpunkt bzw. einer Kontaktlinie berührt, die durch das Bezugszeichen 20 gezeigt ist. 25

Bei der dritten Ausführungsform ist das Abstandselement 10 einstückig aus einem elastisch deformierbaren Material, wie Kunstharz (resin) etc. gebildet. Ein Schlitz 21 ist in einer äußeren Umfangsfläche des Abstandselementes 10 ausgebildet. Der Schlitz 21 kann umlaufend sein. Das Abstandselement 10 ist somit elastisch deformierbar, und zwar aufgrund einer Biegung bzw. Zusammenbiegung des Schlitzes 21 zwischen den Kugeln 5, 5. Die Kugeln 5 werden an den Kontaktpunkten bzw. -linien kontaktiert. Gleichzeitig kann eine Breite bzw. ein Abstandswert (d) zwischen der konkaven Fläche 11 des Abstandselementes 10 und der äußeren Umfangsfläche der Kugel 5 vergrößert und verkleinert werden. Demzufolge kann eine Entfernung (L) zwischen den Kugeln 5, 5 kontrolliert werden, indem das Abstandselement 10 elastisch deformiert wird. Es ist somit außerordentlich leicht möglich, eine Füllrate bzw. -menge an Kugeln 5 und Abstandselementen 10 in bezug auf eine Kreislänge auf einen geeigneten Wert einzustellen. Beispielsweise kann die Füllmenge durch einen einzelnen Typ von einstückig ausgebildeten Abstandselementen gesteuert werden, wodurch die mühsame Konstruktionsarbeit beim Bereitstellen von unterschiedlichen Typen von Abstandselementen auf der Grundlage von Versuchen und das Kombinieren jener unterschiedlichen Abstandselemente überwunden werden. Ferner ist es auch möglich, dann, wenn die Notwendigkeit besteht, eine Füllmenge von 100% zu erhalten (d. h. der Abstandswert zwischen der Kugel und dem Abstandselement ist null). Daher verringern sich auch die Kosten. 30

Es ist anzumerken, daß das Abstandselement 10 durch seine Struktur elastisch deformierbar sein kann, wie es bei dem oben beschriebenen Schlitz 21 der Fall ist. Andererseits kann das Abstandselement 10 jedoch auch allein aufgrund seines Materials elastisch deformierbar sein, wie im Falle eines Harzes bzw. Kunstharzes, eines Gummis etc. 35

Darüber hinaus kann, wie es in Fig. 11 gezeigt ist, auch das Durchgangsloch 12 zum Aufnehmen des Öls zwischen den zwei konkaven Flächen 11 des Abstandselementes 10 ausgebildet sein. 40

Fig. 13 ist eine vergrößerte Ansicht von zwei Kugeln und dem Abstandselement der Kugelumlaufspindeleinrichtung gemäß einer Modifikation der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. 45

Bei dieser Modifikation nimmt die konkave Fläche 11 des Abstandselementes 10 annähernd eine konische Form an, und der Abstandswert (d) zwischen der konkaven Fläche 11 des Abstandselementes 10 und der äußeren Umfangsfläche der Kugel 5 ist größer als im Falle der Fig. 11. 50

Weiterhin ist der Schlitz 21 des Abstandselementes 10 bei der Modifikation V-förmig ausgebildet. Auch in diesem Falle wird das Abstandselement 10 auf der Grundlage einer Zusammenbiegung des Schlitzes 21 zwischen den Kugeln 5, 5 elastisch deformiert und an den Kontaktpunkten bzw. -linien 20 mit den Kugeln 5 in Kontakt gebracht. Gleichzeitig kann der Abstandswert (d) zwischen der konkaven Fläche 11 des Abstandselementes 10 und der äußeren Umfangsfläche der Kugel 5 vergrößert und verkleinert werden. Es ist daher extrem leicht möglich, den geeigneten Wert der Füllmenge an Kugeln 5 und Abstandselementen 10 in bezug auf die Kreislänge einzustellen, indem man die Entfernung (L) zwischen den Kugeln 5, 5 steuert. 55

(Vierte Ausführungsform)

Fig. 14 ist eine perspektivische Ansicht einer Linearführung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 15 ist eine Schnittansicht der in Fig. 14 gezeigten Linearführung. Fig. 16 ist eine Schnittansicht der in der in Fig. 14 gezeigten Linearführung installierten Kugeln und des zwischen den Kugeln angeordneten Abstandselementes. 60

Wie es in Fig. 14 dargestellt ist, nimmt ein Gleitstück 32 im Schnitt eine U-Form an. Das Gleitstück 32 ist als ein äußeres Element definiert. Das Gleitstück 32 sitzt rittlings auf einer Führungsschiene 31, die als ein inneres Element definiert ist und im wesentlichen im Querschnitt eine winklige Form annimmt. Wie es in Fig. 15 dargestellt ist, ist in der rechten und der linken Seitenfläche der Führungsschiene 31 jeweils eine Spurvertiefung 33a ausgebildet, die im Schnitt 65

die Konfiguration eines kreisförmigen Bogens annimmt und sich in axialer Richtung erstreckt.

An der rechten und der linken Seite des Gleitstückes 32 sind Beine 34 vorgesehen. Die Beine 34 sind ebenfalls mit Spurvertiefungen 33b ausgebildet, die jeweils die Konfiguration eines kreisförmigen Bogens annehmen und sich in axialer Richtung erstrecken. Ein Laufpfad für Kugeln 35 ist definiert durch die Spurvertiefung 33a der Führungsschiene 31 und die Spurvertiefung 33b des Gleitstückes 32.

Ferner sind lochartige Rücklaufpfade 36 weiter außen als die Laufpfade 33 in den zwei Beinen 34 des Gleitstückes 32 ausgebildet. Die Laufpfade 33 und die Rücklaufpfade 36 kommunizieren miteinander über Umlenkpfade 37 an ihren Endabschnitten. Der Zirkulationspfad der Kugeln 35 ist somit gebildet durch die Laufpfade 33, die Rücklaufpfade 36 und die Umlenkpfade 37.

Wie es in Fig. 16 gezeigt ist, ist darüber hinaus ein Abstandselement 39 mit zwei konkaven Flächen 38, 38 ausgebildet, die jeweiligen Kugeln 35, 35 gegenüberstehen. Das Abstandselement ist zwischen zwei zueinander benachbarten Kugeln 35, 35 angeordnet. Eine Krümmung ($1/R$) der konkaven Fläche 38 ist auf einen größeren Wert eingestellt als eine Krümmung ($1/r$) der Kugel 35, wodurch das Abstandselement 39 so strukturiert ist, daß es die benachbarten Kugeln 35, 35 an äußeren Kanten oder an Abschnitten benachbart zu den äußeren Kanten linear bzw. linienförmig kontaktiert.

Demgemäß ist das Abstandselement 39 in der Lage, die Kugel 35 in einem sehr viel weiteren Bereich zu halten. Es ist möglich, daß das Abstandselement 39 eine größere Haltetoleranz besitzt, um die Kugel 35 zu halten. Daher ist die Kugel 35 leicht zu stabilisieren, und eine Messung einer Dimension (d. h. die Dicke des Abstandselementes 39) zwischen den Kugeln 35 ist erleichtert, wodurch das Abstandselement 39 mit einer hohen Präzision hergestellt werden kann.

Fig. 17 ist eine Schnittansicht von zwei Kugeln und einem Abstandselement gemäß einer ersten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Bei der ersten Modifikation der vierten Ausführungsform nimmt das Abstandselement 39 eine solche Konfiguration an, daß zentrale Abschnitte 40, 40 auf beiden Seiten im Schnitt ausgenommen und geradlinig mit den äußeren Kanten verbunden sind. Bei dieser Konfiguration ist das Abstandselement 39 so konstruiert, daß es die benachbarten Kugeln 35, 35 an den äußeren Kanten oder an den Abschnitten benachbart zu den äußeren Kanten linienförmig kontaktiert. Hierdurch lassen sich die Kugeln 35 leicht stabilisieren.

Fig. 18 ist eine Schnittansicht von zwei Kugeln und einem Abstandselement gemäß einer zweiten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Abstandselement 39, das mit den zwei konkaven Flächen 38, 38 ausgebildet ist, die jeweiligen Kugeln 35, 35 gegenüberstehen, ist zwischen zueinander benachbarten Kugeln 35, 35 angeordnet. Der Schnitt der konkaven Fläche 38 ist, wie bei der Diskussion der ersten Ausführungsform, aus zwei kreisförmigen Bögen gebildet, deren zentrale Positionen bzw. Ursprünge voneinander abweichen, so daß die Konfiguration einer gotischen Wölbung angenommen wird. Bei dieser Konfiguration kann, wie bei der ersten Ausführungsform, die Kugel 35 die konkave Fläche 38 des Abstandselementes 39 bei außerordentlich niedriger Reibung kontaktieren, wodurch es möglich gemacht wird, den Schubwiderstand zwischen diesen Kugeln 35 und dem Abstandselement 39 zu reduzieren und gleichzeitig die Stabilisierung der Kugeln 35 zu erleichtern. Demzufolge erhält das Abstandselement 39 eine sehr gute Zirkulationscharakteristik, und es ist möglich, Verschlechterungen der Funktionsfähigkeit einzugrenzen, die hervorgerufen werden könnten durch das Aufeinandertreffen von Kugeln 35, 35. Ferner wird hierdurch die Möglichkeit, daß die Kugeln 35 durch die Reibung beschädigt werden, merklich eingeschränkt. Es besteht ferner keine Möglichkeit, daß Fluktuationen im Drehmoment, Fluktuationen in der kinetischen Reibung oder Geräuschprobleme hervorgerufen werden.

Die Fig. 19, 20 und 21 sind Schnittansichten von jeweils zwei Kugeln und einem Abstandselement und zeigen eine dritte, eine vierte und eine fünfte Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Bei der dritten, der vierten und der fünften Modifikation ist in dem zentralen Abschnitt von jedem der Abstandselemente 39 gemäß der ersten und der zweiten Modifikation der vierten Ausführungsform ein Durchgangsloch 41 ausgebildet. Wenn das Durchgangsloch 41 beispielsweise Schmiermittel, wie Schmierfett oder Oleoresin etc., enthält, wird die Fähigkeit, diese Stoffe zu halten, gesteigert. Das Schmiermittel dient dazu, den Schubwiderstand zwischen den Kugeln 35 und dem Abstandselement 39 noch weiter zu verringern. Hierdurch kann die Reibung zwischen diesen Elementen bemerkenswert reduziert werden, und das Abstandselement 39 kann eine bessere Zirkulationscharakteristik aufweisen.

Die Fig. 22 und 23 sind Schnittansichten von jeweils zwei Kugeln und einem Abstandselement gemäß einer sechsten bzw. einer siebten Modifikation der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Die sechste und die siebte Modifikation haben eine solche Konstruktion, daß die äußeren Kanten des Abstandselementes 39 der ersten und der zweiten Modifikation abgerundet sind. Die Kugeln 35 kommen mit den Abschnitten benachbart zu den äußeren Kanten des Abstandselementes 39 in Kontakt. Auch in diesem Fall ist es leicht, die Kugeln 35 zu stabilisieren. Ferner ist die Haltbarkeit des Abstandselementes 39 verbessert, indem der Abrieb und die Ermüdung der konkaven Fläche des Abstandselementes 39 eingegrenzt werden, mit der die Kugeln 35 in Kontakt gebracht werden.

Gegebenenfalls können die äußeren Kanten des Abstandselementes 39, mit denen die Kugeln 35 in Kontakt kommen, jeweils beispielsweise, anders als bei der sechsten und der siebten Modifikation, mit einer kantenartigen Form ausgebildet sein, können jedoch auch C-förmig oder R-förmig abgerundet sein. Ferner sind die Abstandselemente bei der sechsten und der siebten Modifikation der vierten Ausführungsform sämtlich einstückig ausgebildet.

60

(Fünfte Ausführungsform)

Fig. 24A ist eine Schnittansicht eines Abstandselementes, das in der Linearführung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installiert ist. Fig. 24B ist eine Seitenansicht dieses Abstandselementes.

Wie es in den Fig. 24A und 24B dargestellt ist, sind in Übereinstimmung mit der fünften Ausführungsform kreuzförmige Vertiefungen 42 in den zwei Seitenflächen des Abstandselementes 39 ausgebildet, wie sie in Fig. 16 gezeigt sind, und äußere Kantenabschnitte a, b, c, d sind gleichmäßig an vier Ecken des Schnittpunktes der kreuzförmigen Vertiefung 42 angeordnet. Folglich können die Kugeln 35 die äußeren Kantenabschnitte a, b, c, d, die gleichmäßig an den vier Ecken angeordnet sind, kontaktieren und können daher das Abstandselement 39 mit einer außerordentlich niedrigen Reibung

kontaktieren. Es ist daher möglich, die Zirkulationscharakteristik der Kugeln 35 und des Abstandselementes 39 zu steigern, indem der Schubwiderstand zwischen den Kugeln 35 und dem Abstandselement 39 verringert wird.

Ferner kann zwischen dem Abstandselement 39 und den Kugeln 35 in der kreuzförmigen Vertiefung 42 ein Schmiermittel aufgenommen werden, und der Schubwiderstand zwischen den Kugeln 35 und dem Abstandselement 39 kann noch kleiner ausgebildet werden.

Es ist anzumerken, daß die fünfte Ausführungsform vielfach modifiziert werden kann. Beispielsweise sind die äußeren Kantenabschnitte a, b, c, d, mit denen die Kugeln 35 in Kontakt gebracht werden, nicht notwendigerweise gleichmäßig an den vier Orten beabstandet angeordnet, sondern können an wenigstens drei oder mehr Orten angeordnet sein. Darüber hinaus ist der Abschnitt, mit dem die Kugel 35 in Kontakt kommt, nicht notwendigerweise die äußere Kante, sondern kann ein Abschnitt benachbart zu der äußeren Kante sein. Ferner, wenn es möglich ist, eine Kontaktfläche so klein wie möglich zu machen und daneben die Kugeln 35 stabil zu halten, kann die konkave Fläche des Abstandselementes 39 mit den Kontaktabschnitten für die Kugel an beliebigen drei oder mehr Positionen versehen sein. Ferner sind die Kanten des Abstandselementes 39, mit denen die Kugeln 35 in Kontakt gebracht werden, von kantenartiger Form, können jedoch auch C-förmig abgerundet oder R-förmig abgerundet sein.

(Sechste Ausführungsform)

Fig. 25 ist eine Schnittansicht eines Abstandselementes, das in der Linearführung gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installiert ist.

Wie es in Fig. 25 dargestellt ist, ist bei der sechsten Ausführungsform das Abstandselement 39, das mit den zwei konkaven Flächen 38, 38 ausgebildet ist, die jeweils den Kugeln 35, 35 gegenüberstehen, zwischen zueinander benachbarten Kugeln 35 angeordnet. Das Abstandselement 39 besitzt ein Durchgangsloch 41, das in einem dünnsten Abschnitt zwischen den zwei konkaven Flächen 38 ausgebildet ist. Demzufolge ist die Kontaktfläche zwischen dem Abstandselement 39 und der Kugel 35 weiter verringert, und zwar aufgrund des Durchgangsloches 41 des Abstandselementes 39, und es ist möglich, sowohl Fluktuationen des Drehmomentes als auch der kinetischen Reibung merklich zu verringern. Da das Durchgangsloch 41 in dem Abschnitt minimaler Dicke zwischen den konkaven Flächen 38 ausgebildet ist, ist es gleichzeitig ein Vorteil, daß der Einfluß des Durchgangsloches 41 auf die Festigkeit des Abstandselementes minimiert ist.

Fig. 26 ist eine Schnittansicht eines Abstandselementes, das in der Linearführung gemäß einer Modifikation der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung installiert ist.

Bei dieser Modifikation sind anstelle der konkaven Flächen 38 an beiden Seitenflächen des Abstandselementes 39 jeweils Ausnehmungen 43, 43 ausgebildet, die im Schnitt etwa trapezförmig sind. Das Durchgangsloch 41 ist in einem dünnsten Abschnitt des Abstandselementes 39 ausgebildet. Demzufolge ist es auch in diesem Fall möglich, sowohl die Kontaktfläche zwischen dem Abstandselement und der Kugel 35 als auch den Einfluß auf die Festigkeit des Abstandselementes merklich zu verringern.

Es ist anzumerken, daß auch die sechste Ausführungsform vielfach modifiziert werden kann.

Beispiele und Vergleichsbeispiele der sechsten Ausführungsform werden weiter unten erläutert.

Nachstehend werden zunächst Beispiele und Vergleichsbeispiele der oben diskutierten zweiten Ausführungsform erörtert.

Beispiele der zweiten Ausführungsform

Bei einem Beispiel der zweiten Ausführungsform wurde eine Kugelumlaufspindeleinrichtung bereitgestellt, bei der Abstandselemente (Haltestücke) mit einem Durchmesser d_s von 5,6 mm eingeführt wurden. Dabei betrug, wie es in Tabelle 1 gezeigt ist, die Füllmenge 99%, die Breite (S1) des obengenannten Gesamtpaltes wurde auf 3,6 mm eingestellt, die Breite (S2) des weiteren Spaltes wurde auf 4,4 mm eingestellt, und das Verhältnis von $S2/d_s$ wurde auf 0,79 eingestellt.

[Tabelle 1]

	Klassi- fikation	Füll- menge [%]	Spielgröße [mm]		Funktions- fähigkeit	
			S2 (S2/ds)	S1	Dreh- moment- daten	Gefühl
Beispiel	Halte- stück	99,0	4,4 (0,79)	3,6	Fig. 27	gut
Vergleichs- beispiel 1	wie oben	100,6	0,8 (0,14)	0 oder darunter	Fig. 28	nicht so gut
Vergleichs- beispiel 2	wie oben	97,3	11,5 (2,1)	10,7	Fig. 29	X (Blockie- rung)
Vergleichs- beispiel 3	herkömm- liches Element (sämtlich Kugeln)	98,5	-	-	Fig. 30	ver- gleichs- weise gut

Fig. 27 zeigt ein Testergebnis dieses Beispiels. Es zeigt sich, daß die Kleinfuktuationen des Drehmomentes außerordentlich klein sind, und es läßt sich daher bestätigen, daß der Betriebszustand bzw. die Funktionsfähigkeit gut ist.

(Vergleichsbeispiel 1 der zweiten Ausführungsform)

Bei einem Vergleichsbeispiel 1 wurde eine Kugelumlaufspindeleinrichtung bereitgestellt, bei der das Abstandselement (Haltestück) eingeführt wurde, wobei, wie es in Tabelle 1 gezeigt ist, die Füllmenge auf 100,6% eingestellt wurde, die Breite (S1) des oben erwähnten Gesamtpaltes auf 0 oder darunter eingestellt wurde, die Breite (S2) des weiteren Spaltes auf 0,8 mm eingestellt wurde und das Verhältnis S2/ds auf 0,14 eingestellt wurde. Fig. 28 zeigt ein Testergebnis dieses Vergleichsbeispiels 1. Der Gesamtpalt ist zu klein, und somit sind die Kleinfuktuationen des Drehmomentes größer als im Falle des obigen Beispiels (Fig. 27). Es läßt sich bestätigen, daß die Funktionsfähigkeit nicht so gut ist.

(Vergleichsbeispiel 2 der zweiten Ausführungsform)

Bei einem Vergleichsbeispiel 2 wurde eine Kugelumlaufspindeleinrichtung bereitgestellt, bei der Abstandselemente (Haltestücke) eingeführt wurden, wobei, wie es in Tabelle 1 gezeigt ist, die Füllmenge eingestellt wurde auf 97,3%, die Breite (S1) des oben erwähnten Gesamtpaltes auf 10,7 mm eingestellt wurde, die Breite (S2) des weiteren Spaltes eingestellt wurde auf 11,5 mm und das Verhältnis S2/ds eingestellt wurde auf 2,1.

Fig. 29 zeigt ein Testergebnis dieses Vergleichsbeispiels 2. Anfänglich ist die Funktion gut, der Gesamtpalt ist jedoch zu groß eingestellt, und somit läßt sich die gute Funktionsfähigkeit während des Hubes nicht beibehalten, was zu einem blockierten Zustand führt.

(Vergleichsbeispiel 3 der zweiten Ausführungsform)

Bei einem Vergleichsbeispiel 3 wurde eine Kugelumlaufspindeleinrichtung, die keine vorbereiteten Abstandselemente verwendete, wie es in Tabelle 1 gezeigt ist, vorgesehen, und die Füllmenge wurde auf 96,5% eingestellt.

Fig. 30 zeigt ein Testergebnis des Vergleichsbeispiels 3. Die Kleinfuktuation des Drehmomentes ist etwas größer als im Falle des obigen Beispiels (Fig. 27). Es wird bestätigt, daß die Funktionsfähigkeit vergleichsweise gut ist, jedoch weniger gut als bei dem Beispiel (Fig. 27).

Als nächstes werden Beispiele und Vergleichsbeispiele der sechsten Ausführungsform angegeben.

(Beispiele und Vergleichsbeispiele der sechsten Ausführungsform)

Wie es in Fig. 31 gezeigt ist, wurde eine kinetische Reibkraft gemessen, wobei das Abstandselement bei dem Beispiel mit dem Durchgangsloch ausgebildet war. Wie es in Fig. 32 gezeigt ist, wurde eine kinetische Reibkraft gemessen, wobei

das Abstandselement bei dem Vergleichsbeispiel nicht mit dem Durchgangsloch ausgebildet war. Es wurde bestätigt, daß die Fluktuation der kinetischen Reibkraft bei dem Beispiel (Fig. 31) sehr viel kleiner ist als bei dem Vergleichsbeispiel (Fig. 32).

Es ist anzumerken, daß bei den obigen Beispielen einige der Abstandselemente beispielhaft mit einer gotischen Wölbung im Schnitt ausgebildet waren. Die Schnittkonfiguration ist jedoch nicht auf die gotische Wölbung eingeschränkt und kann sowohl Anwendungen einer einzelnen R-Form, als auch einer V-Form umfassen.

Wie oben beschrieben, ist bei der Kugelumlaufspindeleinrichtung der vorliegenden Erfindung das Abstandselement mit den zwei konkaven Flächen, die jeweils den Kugeln gegenüberstehen, zwischen zueinander benachbarten Kugeln angeordnet. Der Schnitt von jeder der konkaven Flächen des Abstandselementes ist aus den zwei kreisförmigen Bögen gebildet, deren zentrale Positionen voneinander abweichen, so daß gotische Wölbungen erzielt werden. In diesem Fall werden die Lastkugeln mit den konkaven Flächen des Abstandselementes in linienförmigen oder Punktkontakt gebracht, die Lastkugeln lassen sich daher entlang der wendelförmigen Umlaufvertiefungen zirkulieren, während die konkaven Flächen kontaktiert werden und wobei eine außerordentlich niedrige Reibung stattfindet. Demzufolge ist die Reibung zwischen den Lastkugeln und dem Abstandselement klein, und das Abstandselement hat eine gute Zirkulationscharakteristik. Es ist auch möglich, eine Abnahme der Funktionsfähigkeit zu verhindern, die dadurch hervorgerufen werden könnte, daß die Kugeln aufeinanderschlagen. Auch Reibschäden an den Kugeln lassen sich vermeiden. Daneben kann die Konfiguration des Abstandselementes kleiner sein als die herkömmliche Abstandskugel. Es tritt daher niemals der Fall auf, daß mit dem Zwang, die Zahl der Lastkugeln zu reduzieren, eine Verringerung der Lastkapazität und der Festigkeit hervorgerufen wird.

Weiterhin wird bei der Kugelumlaufspindeleinrichtung der vorliegenden Erfindung der Gesamtspace in dem Zirkulationspfad auf einen Wert größer als null eingestellt, und daneben wird dann, wenn das einzelne Abstandselement herausgenommen ist, der Abstand des Spaltes zwischen der vorderen Kugel und der hinteren Kugel in Übereinstimmung mit der obengenannten Beziehung von numerischen Werten eingestellt. In diesem Fall kann das Abstandselement innerhalb des Zirkulationspfades nicht in Schräglage geraten, da der Spalt in dem Zirkulationspfad nicht zu groß ist. Es tritt niemals der Fall auf, daß die Funktionsfähigkeit aufgrund von Reibung zwischen den Kugeln und dem Abstandselement verschlechtert wird, da der Spalt in dem Zirkulationspfad nicht zu klein ist. Der Spalt in dem Zirkulationspfad wird geeignet eingestellt, und daher gelangt das Abstandselement nicht in eine Schräglage von etwa 60° oder mehr, wodurch eine gute Funktionsfähigkeit aufrechterhalten werden kann.

Darüber hinaus ist das Abstandselement bei der Kugelumlaufspindeleinrichtung der vorliegenden Erfindung so konstruiert, daß es zwischen zueinander benachbarten Kugeln elastisch deformierbar ist. In diesem Fall kann der Abstand zwischen Kugeln gesteuert werden, indem das Abstandselement elastisch deformiert wird.

Folglich kann die Füllmenge an Kugeln und Abstandselementen in bezug auf die Kreislänge außerordentlich leicht auf einen geeigneten Wert eingestellt werden. Beispielsweise kann die Füllmenge gesteuert werden durch einen einzelnen Typ von einstückig ausgebildeten, außerordentlich kostengünstigen Abstandselementen. Dies eliminiert die Notwendigkeit, eine komplizierte Konstruktionstätigkeit durchzuführen und diverse Typen von Abstandselementen zur Durchführung von Versuchen herzustellen und jene Abstandselemente vielfach zu kombinieren. Darüber hinaus kann die Füllmenge auf 100% eingestellt werden (d. h. der Abstand zwischen den Kugeln und den Abstandselementen wird auf null eingestellt), wenn die Notwendigkeit besteht. Es ist anzumerken, daß das Abstandselement aufgrund seiner Struktur elastisch deformierbar sein kann, wie im Falle des oben beschriebenen Schlitzes 21. Es kann jedoch auch allein aufgrund seines Materials elastisch deformierbar sein.

Darüber hinaus nimmt das Abstandselement bei der Linearbewegungseinrichtung der vorliegenden Erfindung eine solche Konfiguration an, daß die zueinander benachbarten Kugeln mit den äußeren Kanten oder mit Abschnitten benachbart zu den äußeren Kanten in Kontakt kommen. In diesem Fall kann das Abstandselement die Kugeln mit sehr viel weiteren Bereichen bzw. Flächen halten, und es ist möglich, für das Abstandselement eine noch größere Toleranz zu erhalten, um die Kugeln zu halten. Ferner ist die Kugel leicht zu stabilisieren, und eine Messung der Dimension (d. h. die Dicke des Abstandselementes) zwischen den Kugeln ist erleichtert. Es ist daher möglich, Abstandselemente herzustellen, die eine hohe Genauigkeit zeigen.

Wie oben diskutiert, ist das Abstandselement bei der Linearbewegungseinrichtung der vorliegenden Erfindung zwischen den Kugeln angeordnet und weist die konkaven Flächen auf, mit denen die hierzu benachbarten Kugeln in linienförmigen Kontakt gelangen. In diesem Fall ist die Reibung zwischen den Kugeln und dem Abstandselement klein, und das Abstandselement hat eine gute Zirkulationscharakteristik. Es ist gleichfalls möglich, eine Verschlechterung der Funktionsfähigkeit, das Auftreten von Geräuschen aufgrund eines Aufeinanderschlagens von Kugeln, eine verschlechterte Qualität des erzeugten Klangs und Reibungsschäden an den Kugeln zu vermeiden.

Darüber hinaus kommen die zueinander benachbarten Kugeln bei der Linearbewegungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung mit wenigstens drei oder mehr Abschnitten des Abstandselementes in Kontakt. Es ist daher möglich, das Abstandselement mit außerordentlich geringer Reibung zu kontaktieren. Die Reibung hierzwischen kann ferner minimiert werden, indem der Schub- bzw. Gleitwiderstand zwischen den Kugeln und dem Abstandselement reduziert wird. Die Zirkulationscharakteristik des Abstandselementes und der Kugeln ist verbessert. Gleichzeitig ist die Stabilisierung der Kugeln erleichtert, und daneben kann ein Schmiermittel leichter in die Abstandselemente eingeführt werden, wodurch der Schubwiderstand zwischen den Kugeln und dem Abstandselement noch sehr viel kleiner gemacht werden kann.

Weiterhin besitzt das Abstandselement bei der Linearbewegungseinrichtung der vorliegenden Erfindung ein Durchgangsloch, das in dem dünnsten Abschnitt des Abstandselementes ausgebildet ist. In diesem Fall ist es möglich, eine Fluktuation der kinetischen Reibungskraft aufgrund der weiter verkleinerten Kontaktfläche zwischen der Kugel und dem Abstandselement aufgrund des Durchgangsloches in dem Abstandselement bemerkenswert zu verringern. Gleichzeitig besteht ein Vorteil dahingehend, daß ein Einfluß auf die Festigkeit gering ist, da das Durchgangsloch in dem dünnsten Abschnitt zwischen den konkaven Flächen ausgebildet ist.

Die vorliegende Erfindung ist anhand diverser Ausführungsformen diskutiert worden, kann jedoch vielfach im Be-

reich des Erfindungsgedankens der vorliegenden Erfindung modifiziert werden. Diese Modifikationen sollen nicht vom Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ausgeschlossen sein.

Patentansprüche

5

1. Kugelumlaufspindeleinrichtung mit:
einer Umlaufspindel (1), an deren äußerer Umfangsfläche eine wendelförmige Umlaufvertiefung (3) ausgebildet ist;
einer Mutter (2), an deren innerer Umfangsfläche eine wendelförmige Umlaufvertiefung (4) ausgebildet ist, die der
wendelförmigen Umlaufvertiefung (3) der Umlaufspindel (1) entspricht;
einem wendelförmigen Zirkulationspfad, der durch die zwei wendelförmigen Umlaufvertiefungen (3, 4) definiert
ist; und
einer Mehrzahl von Kugeln (5), die wälzbar in dem wendelförmigen Zirkulationspfad angeordnet sind,
wobei zwischen wenigstens zwei Kugeln (5) ein Abstandselement (10) mit zwei konkaven Flächen (11) angeordnet
ist, die den jeweiligen Kugeln (5) gegenüberstehen,

15

dadurch gekennzeichnet, daß
die konkaven Flächen (11) des Abstandselementes (10) im Schnitt aus zwei kreisförmigen Bögen gebildet sind, deren Ursprünge (X) voneinander abweichen, so daß die Form einer gotischen Wölbung erzielt wird.

2. Kugelumlaufspindeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Abstandselemente (10) eine solche Konfiguration besitzt, daß ein äußerer Oberflächenabschnitt, der nicht zu den konkaven Flächen gehört, als Teil einer Kugelfläche geformt ist, wobei die Mitte (C) dieser Kugelfläche ein Mittelpunkt zwischen zentralen Positionen (Y) von zwei zueinander benachbarten Kugeln (5) ist und wobei der Radius ($d/2$) dieser Kugelfläche gleich der Entfernung von der Mitte (C) zu der Umlaufvertiefung (3) der Umlaufspindel (1) oder kürzer als diese Entfernung ist.

25

3. Kugelumlaufspindeleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Zustand, bei dem sämtliche Kugeln (5) und sämtliche Abstandselemente (10), die in den wendelförmigen Zirkulationspfad eingeführt sind, zu einer Seite hin zusammengedrückt sind, ein Spalt (S1) zwischen einer vorderen Kugel (LEAD-B) und einem hinteren Abstandselement (TAIL-S) gebildet ist, der Gesamtspalt (S1) genannt wird, wobei die Breite dieses Gesamtspaltes (S1) größer ist als null ($S1 > 0$), und daß dann, wenn ein Abstandselement, d. h. das hintere Abstandselement (TAIL-S), entfernt wird, die Anzahl der Kugeln (5) und die Anzahl der Abstandselemente (10) so eingestellt sind, daß eine Breite eines Spaltes (S2) zwischen der vorderen Kugel (LEAD-B) und einer hinteren Kugel (TAIL-B) kleiner ist als ein 0,8-facher Wert des Durchmessers (d_s) des Abstandselementes (10) ($S2 < 0,8 \times d_s$).

30

4. Kugelumlaufspindeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (10) zwischen den benachbarten Kugeln (5) elastisch deformierbar (21) ist.

35

5. Kugelumlaufspindeleinrichtung mit:
einer Umlaufspindel (1), an deren äußerer Umfangsfläche eine wendelförmige Umlaufvertiefung (3) ausgebildet ist;
einer Mutter (2), an deren innerer Umfangsfläche eine wendelförmige Umlaufvertiefung (4) ausgebildet ist, die der
wendelförmigen Umlaufvertiefung (3) der Umlaufspindel (1) entspricht;
einem wendelförmigen Zirkulationspfad, der durch die zwei wendelförmigen Umlaufvertiefungen (3, 4) definiert
ist; und

40

einer Mehrzahl von Kugeln (5), die wälzbar in dem wendelförmigen Zirkulationspfad angeordnet sind,
wobei zwischen wenigstens zwei zueinander benachbarten Kugeln (5) ein Abstandselement (10) angeordnet ist, das
zwei konkave Flächen (11) aufweist, die den jeweiligen Kugeln (5) gegenüberstehen,
dadurch gekennzeichnet, daß

45

in einem Zustand, bei dem sämtliche Kugeln (5) und sämtliche Abstandselemente (10), die in den wendelförmigen Zirkulationspfad eingeführt sind, zu einer Seite hin zusammengedrückt sind, ein Spalt (S1) zwischen einer vorderen Kugel (LEAD-B) und einem hinteren Abstandselement (TAIL-S) gebildet ist, der Gesamtspalt (S1) genannt wird, wobei die Breite dieses Gesamtspaltes (S1) größer ist als null ($S1 > 0$), und daß dann, wenn ein Abstandselement, d. h. das hintere Abstandselement (TAIL-S) entfernt wird, die Anzahl der Kugeln (5) und die Anzahl der Abstandselemente (10) so eingestellt sind, daß eine Breite eines Spaltes (S2) zwischen der vorderen Kugel (LEAD-B) und einer hinteren Kugel (TAIL-B) kleiner ist als ein 0,8-facher Wert des Durchmessers (d_s) des Abstandselementes (10) ($S2 < 0,8 \times d_s$).

50

6. Linearbewegungseinrichtung mit:
einem äußeren Element (32);
einem inneren Element (31), das dem äußeren Element (32) über einen Spalt gegenübersteht;
einer Mehrzahl von Kugeln (35), die zwischen dem äußeren Element (32) und dem inneren Element (31) angeordnet sind; und

55

einem Abstandselement (39), das wenigstens zwischen zwei Kugeln (35) angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (39) eine solche Konfiguration besitzt, daß die zueinander benachbarten Kugeln (35) mit äußeren Kanten oder mit Abschnitten benachbart zu den äußeren Kanten des Abstandselementes (39) in Kontakt kommen.

60

7. Linearbewegungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (39) einstückig ausgebildet ist und konkave Flächen (38) aufweist, die von den benachbarten Kugeln (35) linienförmig kontaktiert werden.

65

8. Linearbewegungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugeln (35) mit wenigstens drei oder mehr Abschnitten (a, b, c, d) des Abstandselementes (39) in Kontakt gelangen.

70

9. Linearbewegungseinrichtung nach Anspruch 6 oder Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstandselement (39) einstückig ausgebildet ist.

75

10. Linearbewegungseinrichtung mit:

einem äußeren Element (32);
 einem inneren Element (31), das dem äußeren Element (32) über einen Spalt gegenübersteht;
 einer Mehrzahl von Kugeln (35), die zwischen dem äußeren Element (32) und dem inneren Element (31) angeordnet sind; und
 wenigstens einem zwischen zwei Kugeln (35) angeordneten Abstandselement (39),
 dadurch gekennzeichnet, daß in einem dünnsten Abschnitt des Abstandselementes (39) ein Durchgangsloch (41) ausgebildet ist.

5

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1A

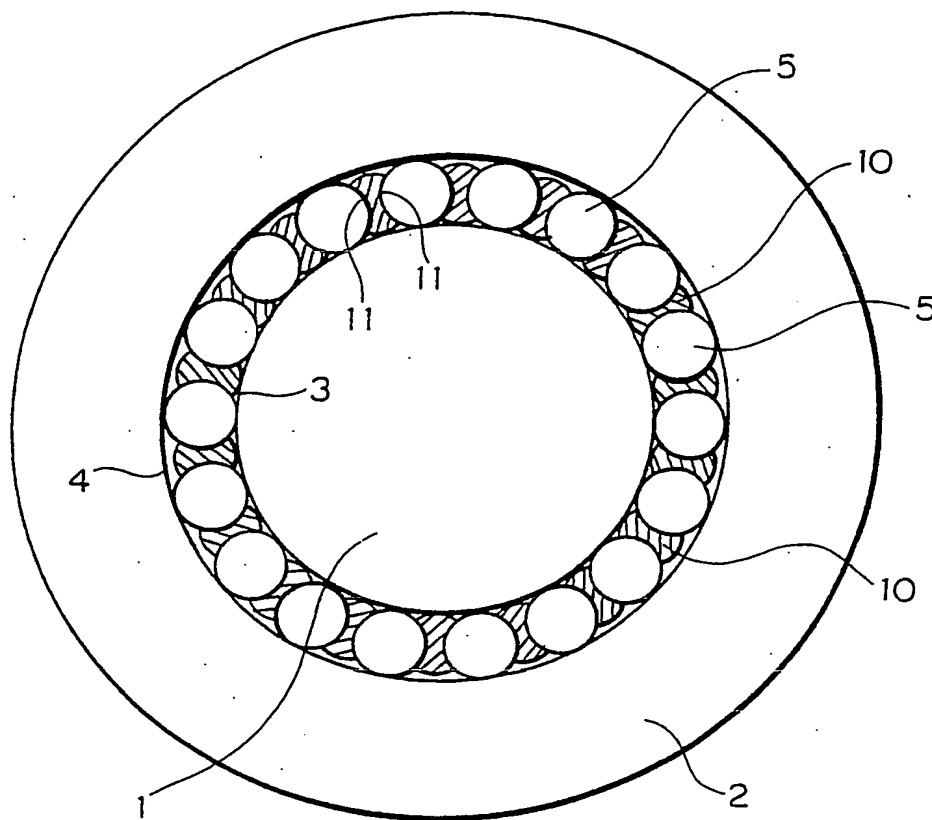


FIG. 1B

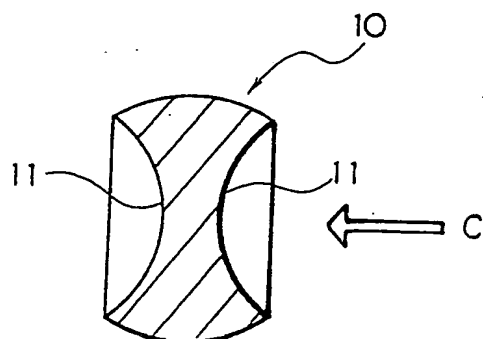


FIG. 2A

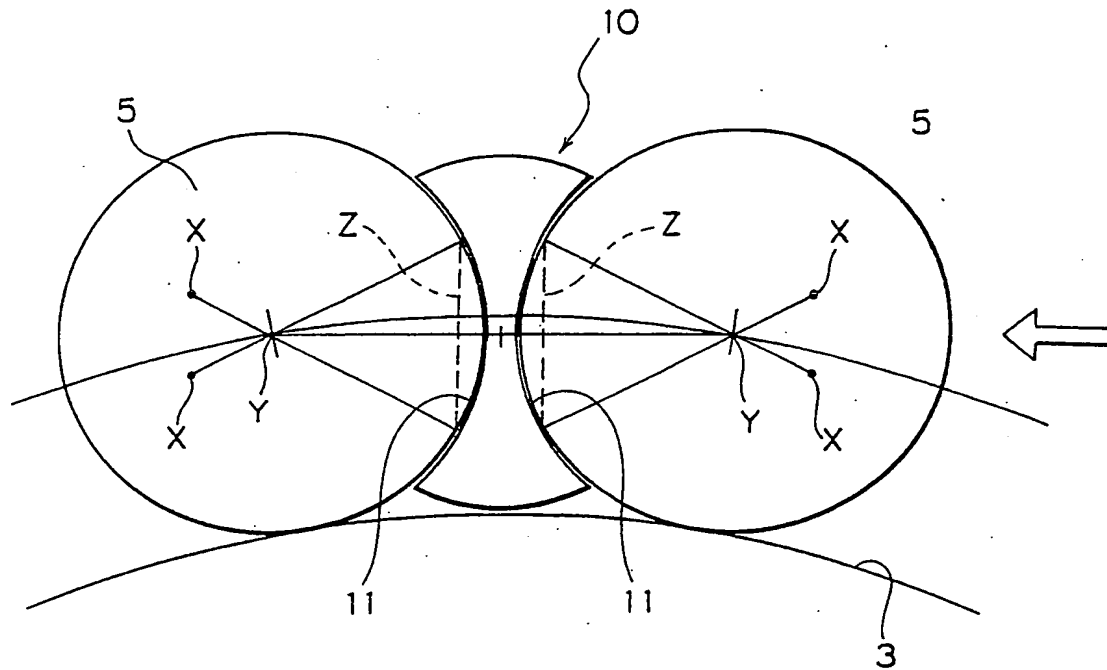


FIG. 2B

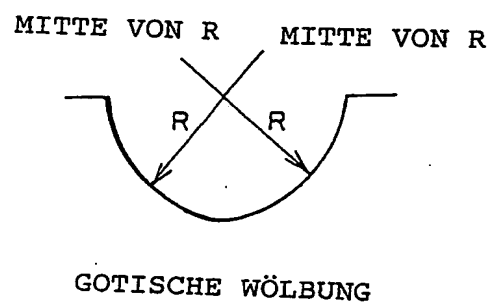


FIG. 3

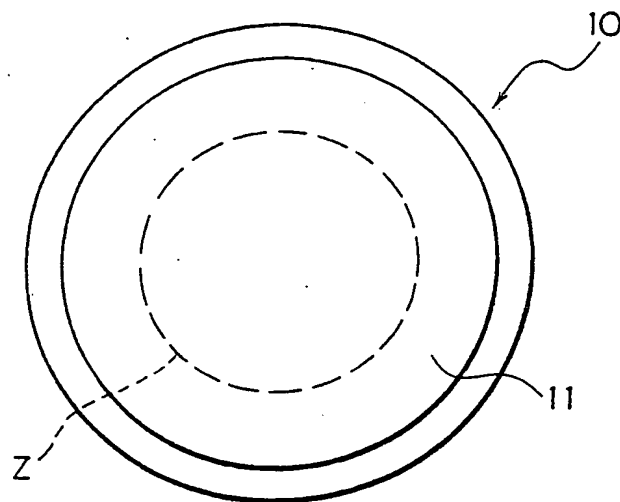


FIG. 4A

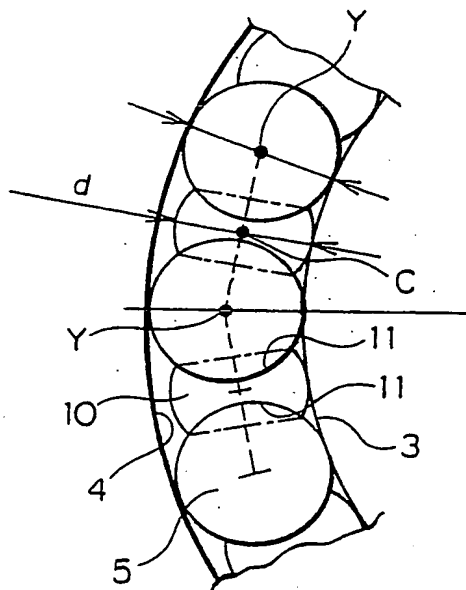


FIG. 4B

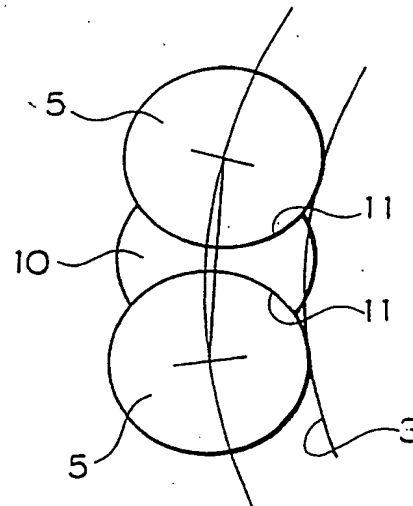


FIG. 5

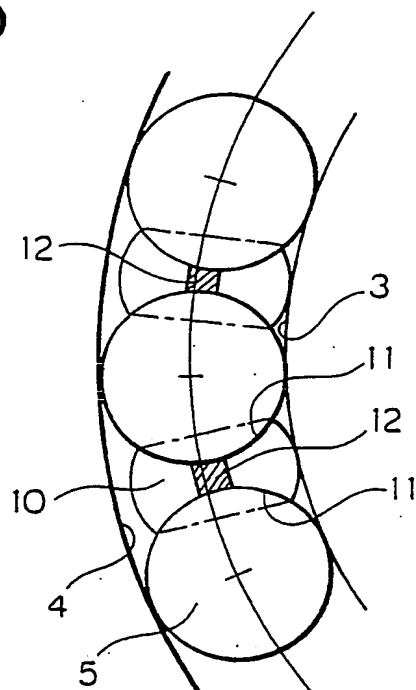


FIG. 6

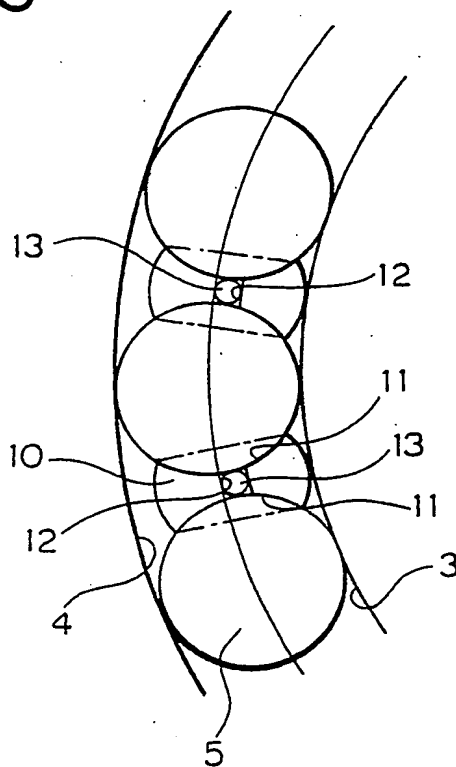


FIG. 7

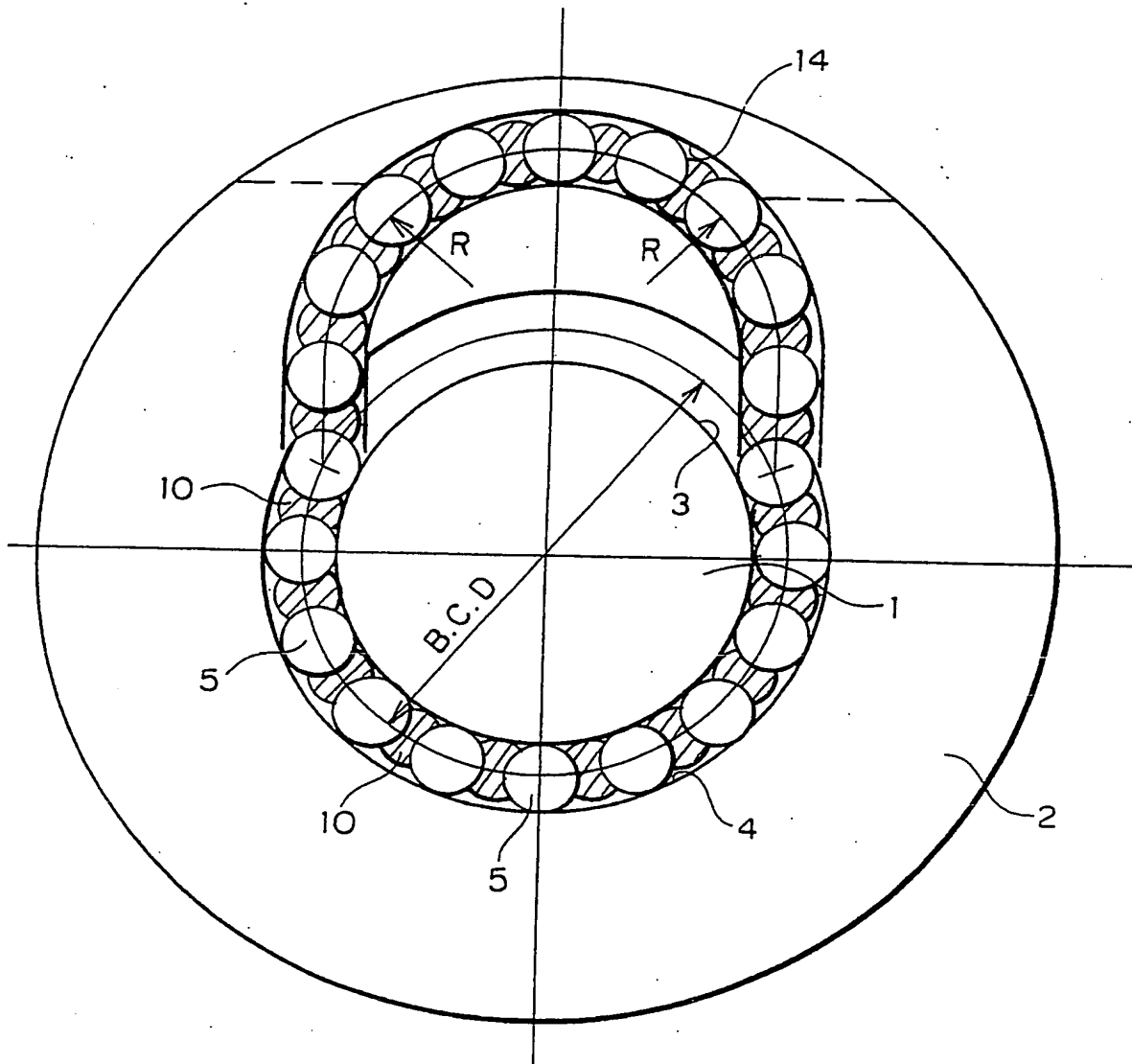


FIG. 8A

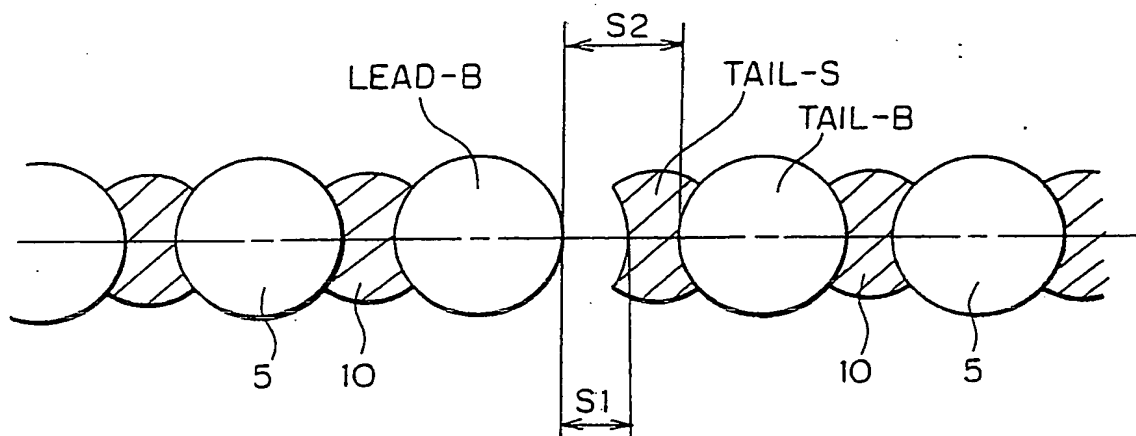


FIG. 8B

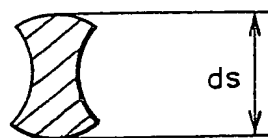


FIG. 9

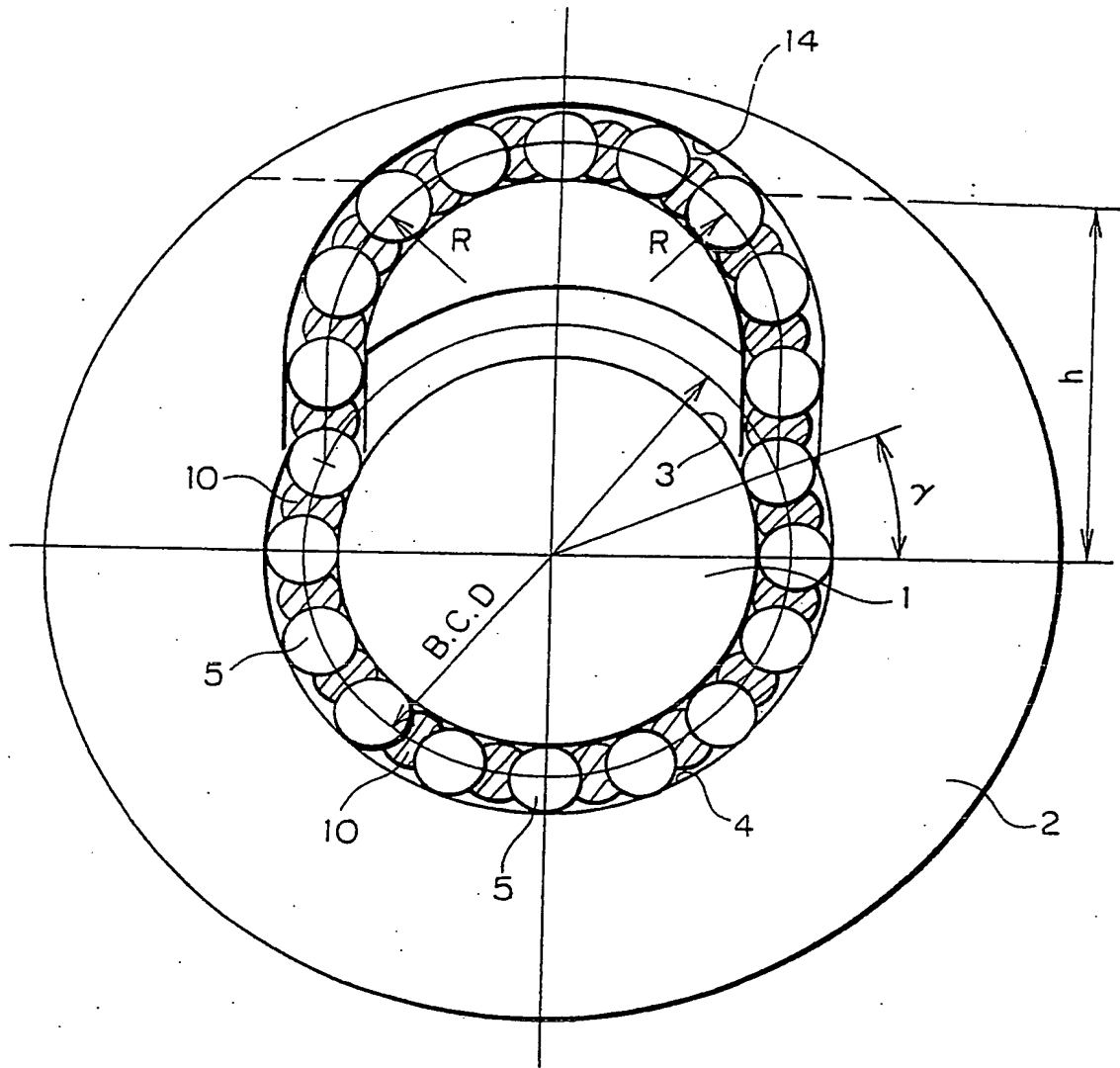


FIG. 10

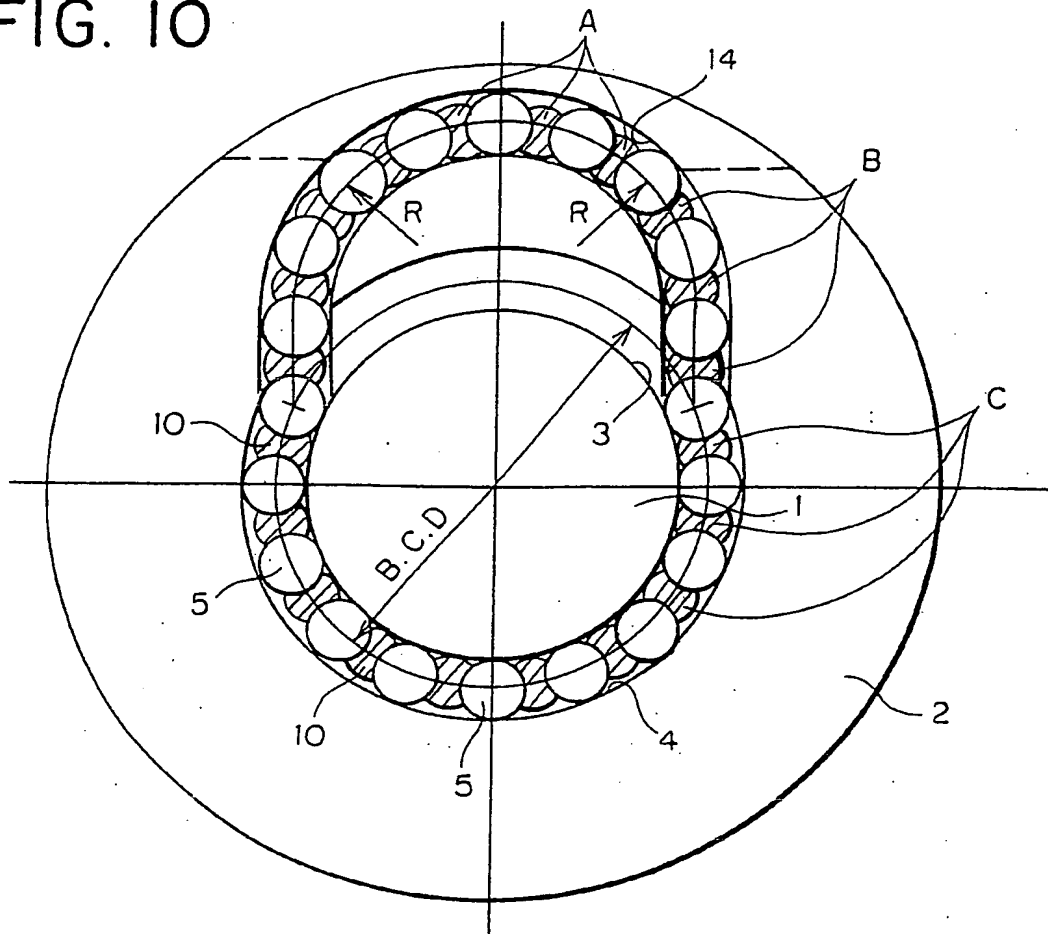


FIG. 11

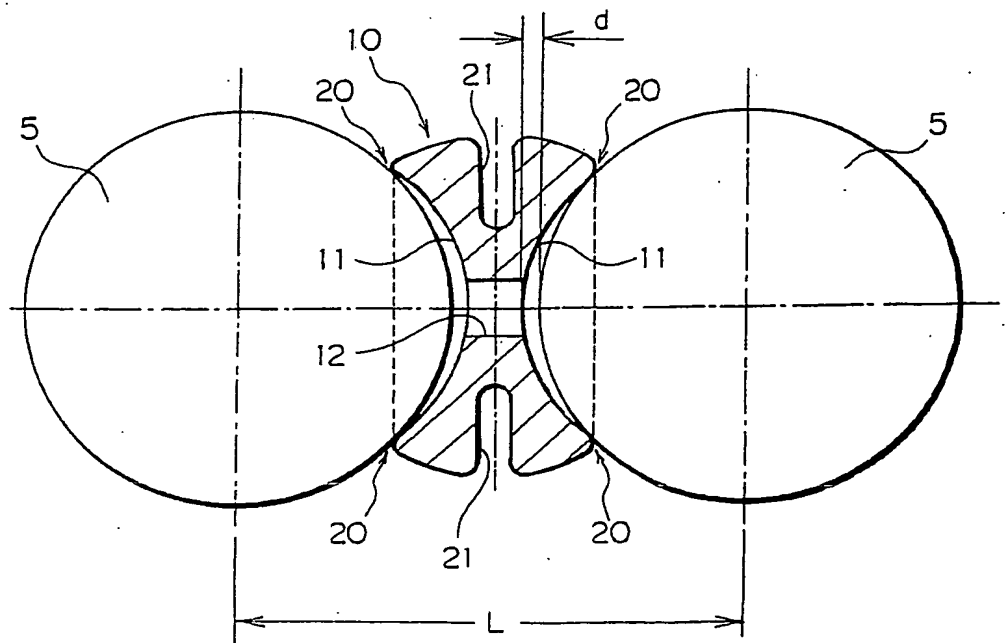


FIG. 12

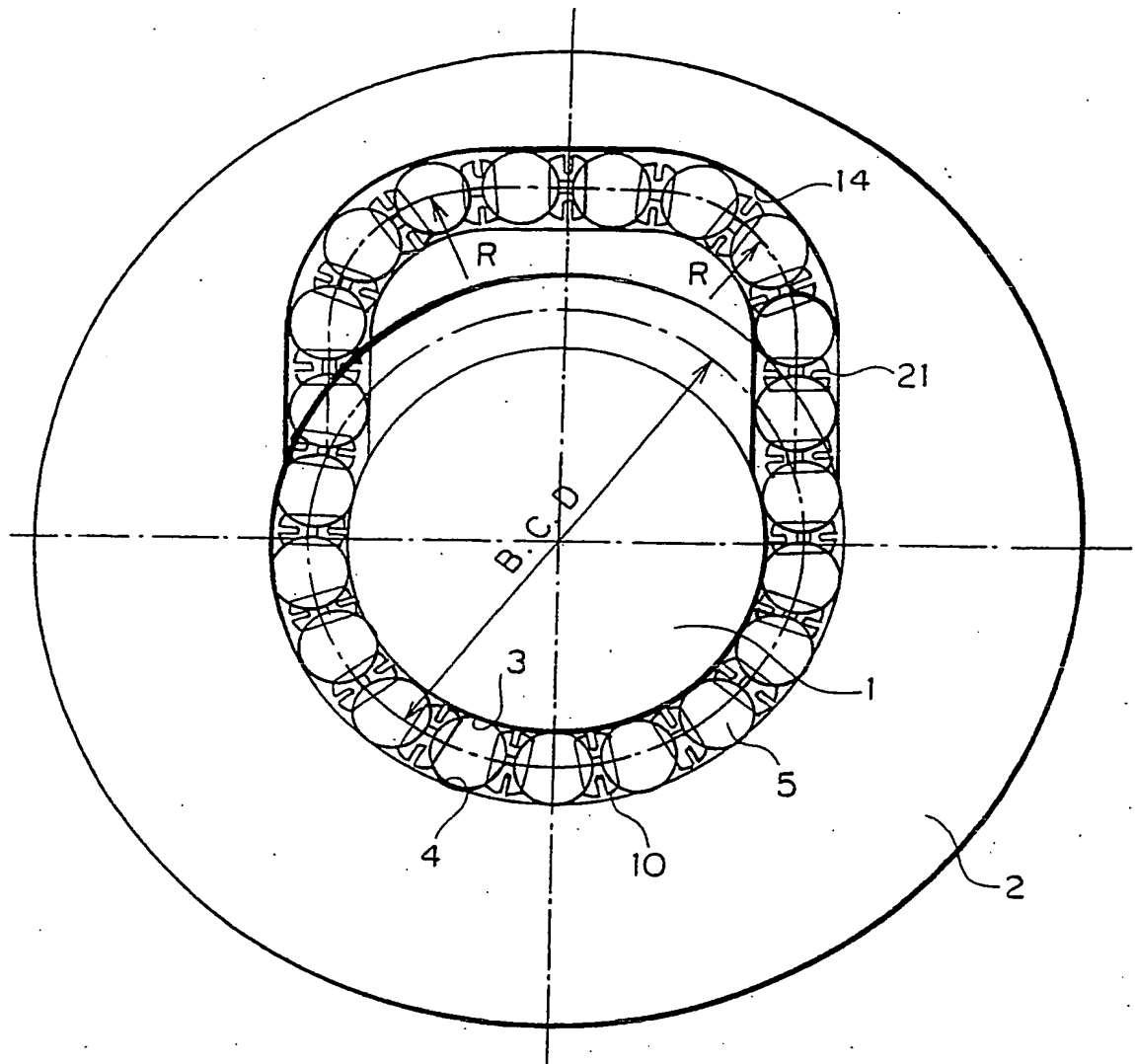


FIG. 13

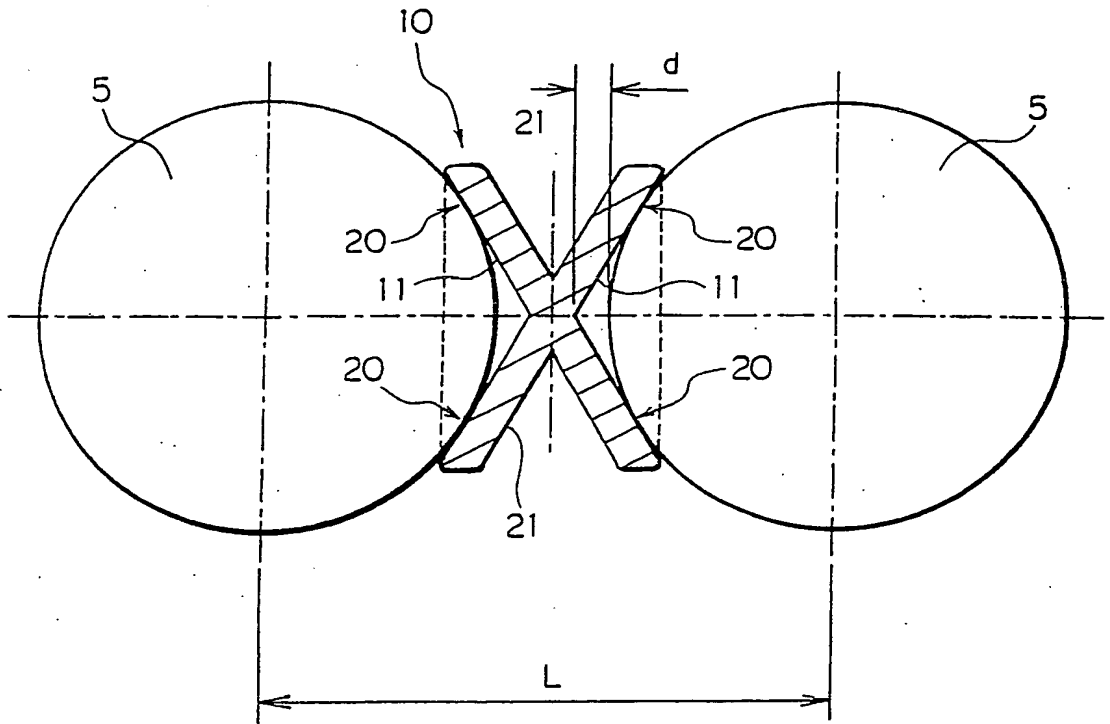


FIG. 14

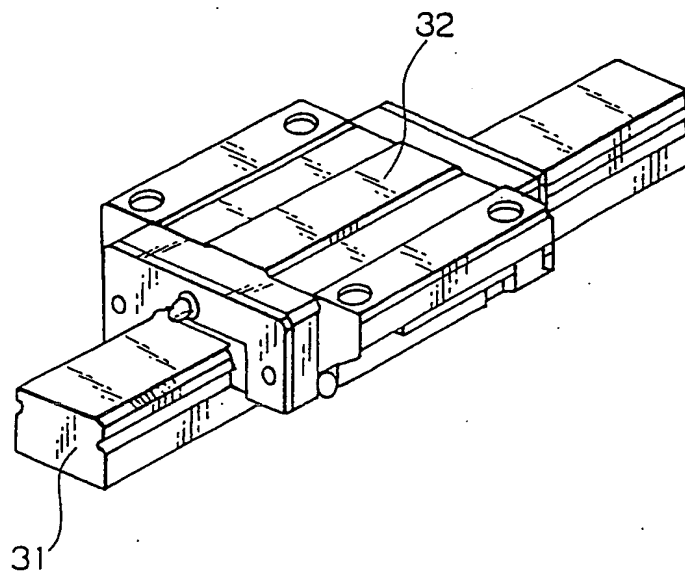


FIG. 15

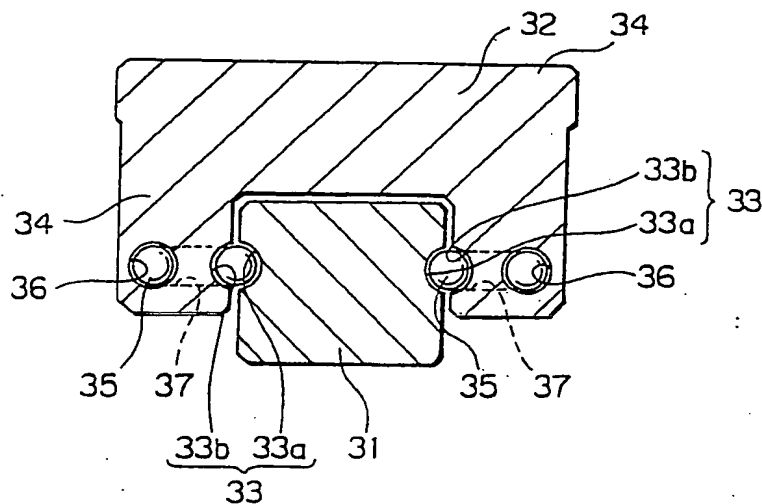


FIG. 16

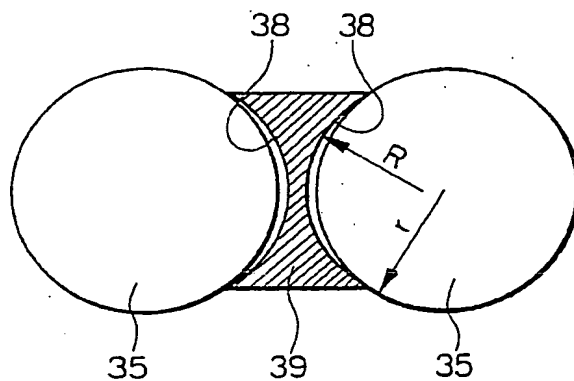


FIG. 17

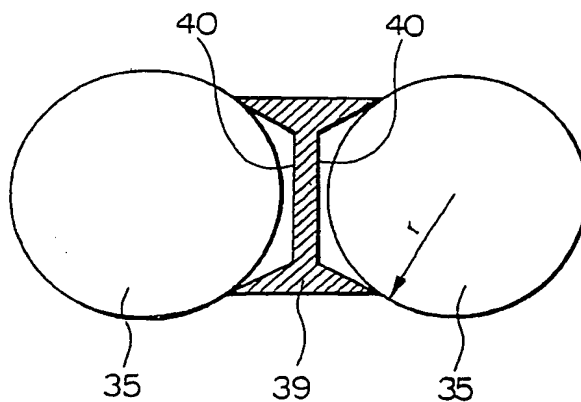


FIG. 18

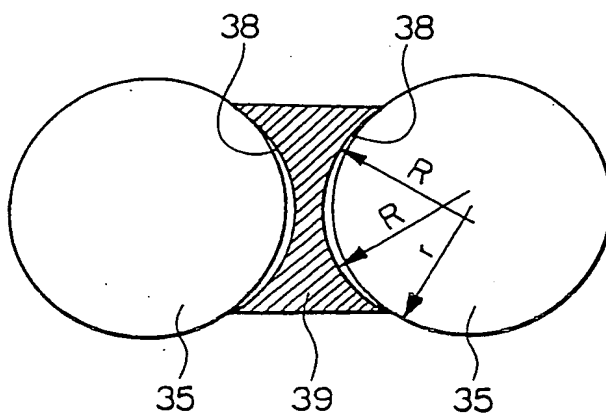


FIG. 19

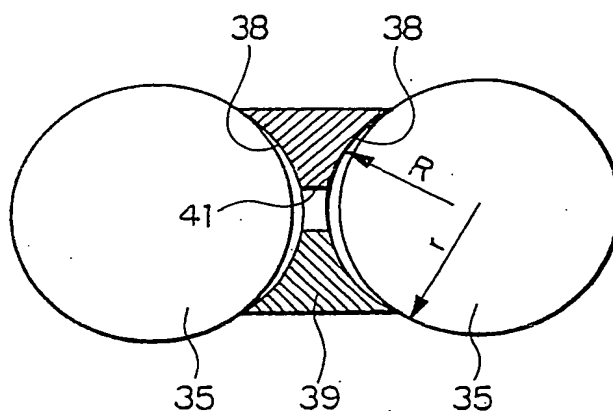


FIG. 20

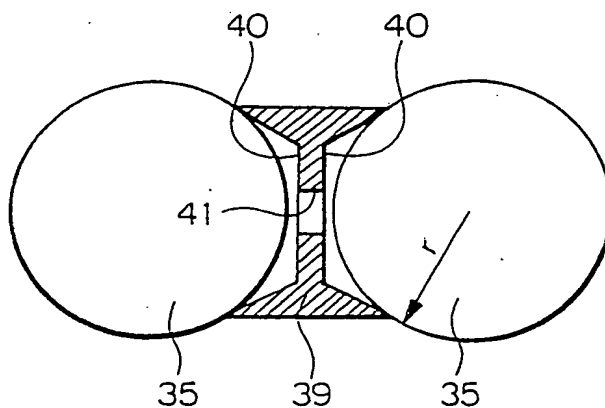


FIG. 21

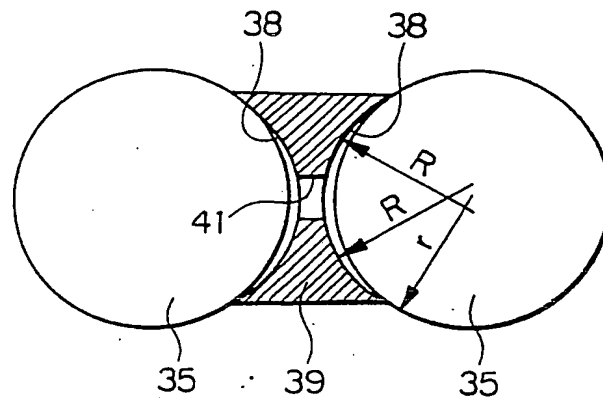


FIG. 22

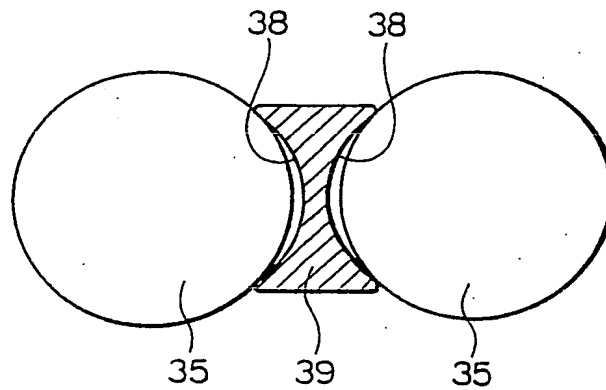


FIG. 23

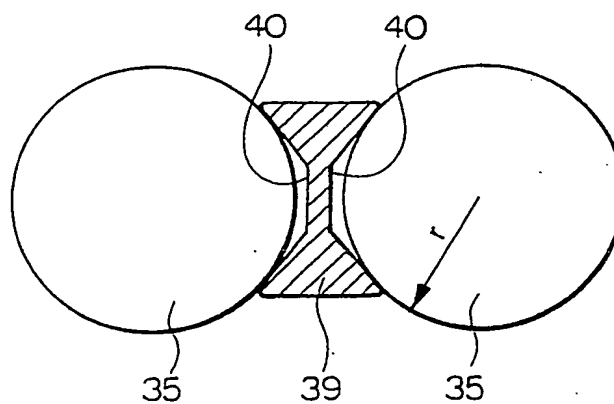


FIG. 24A FIG. 24B

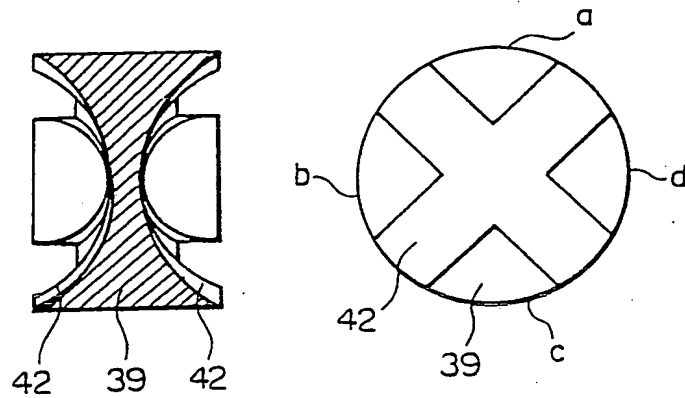


FIG. 25

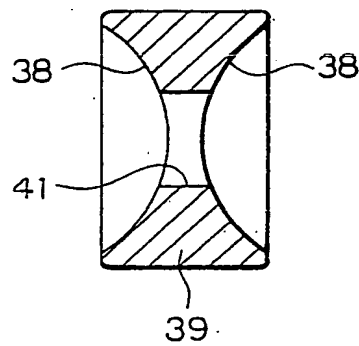


FIG. 26

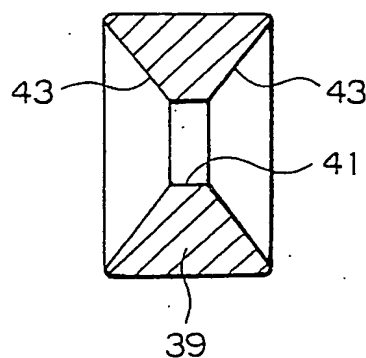


FIG. 27

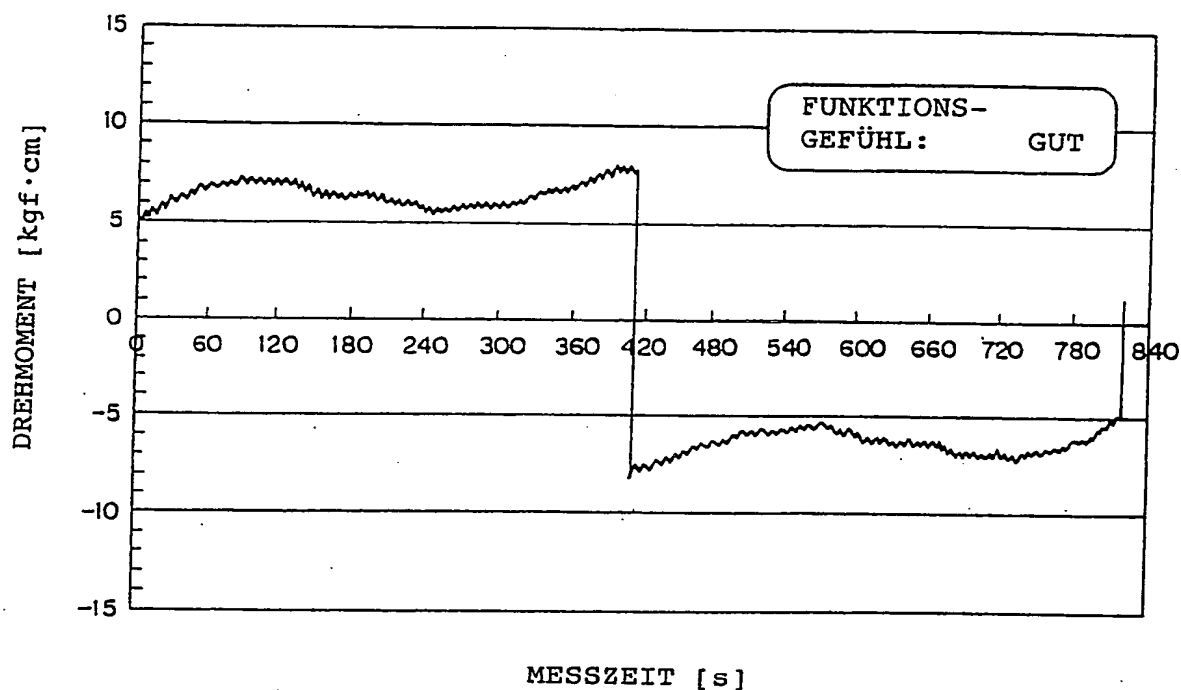


FIG. 28

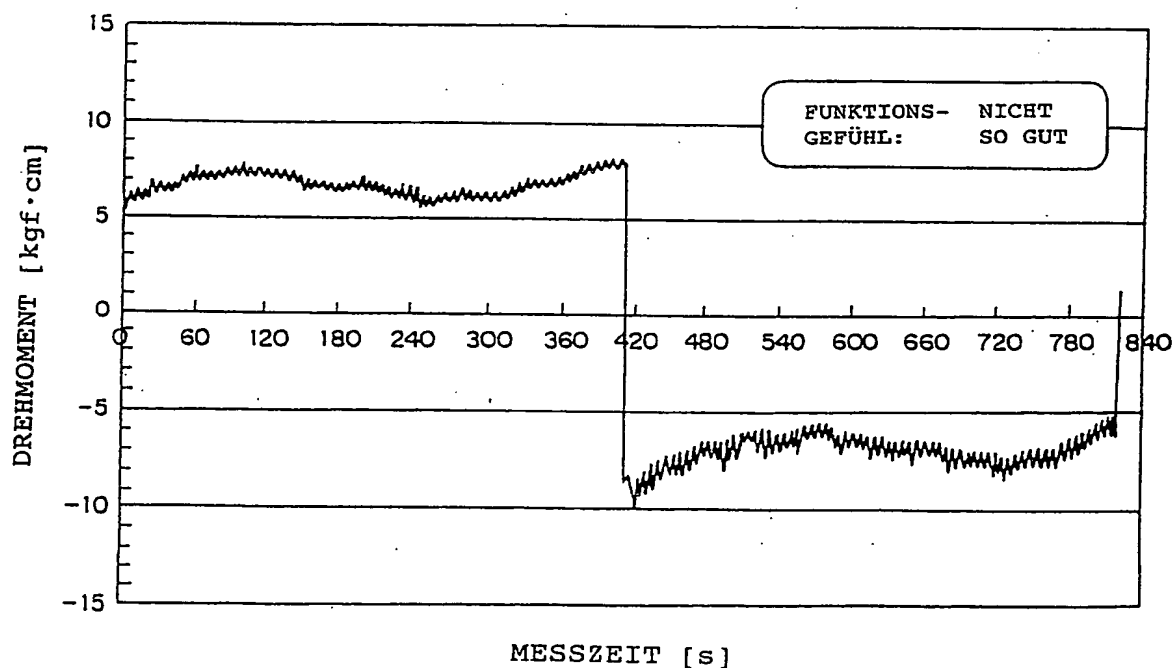


FIG. 29

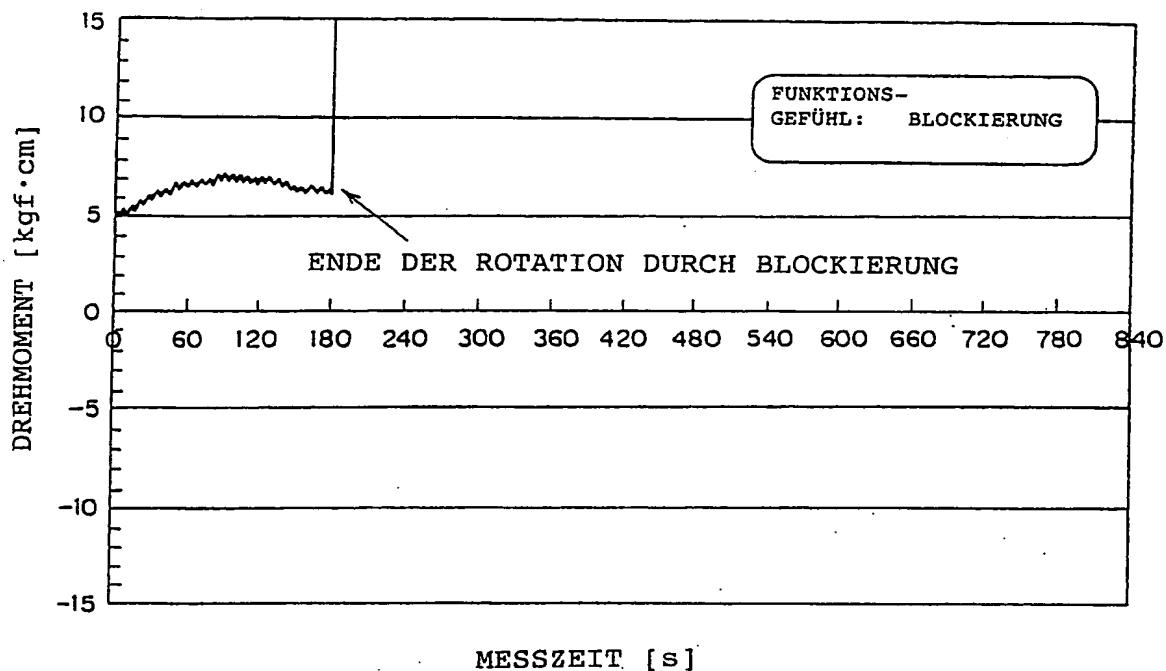


FIG. 30

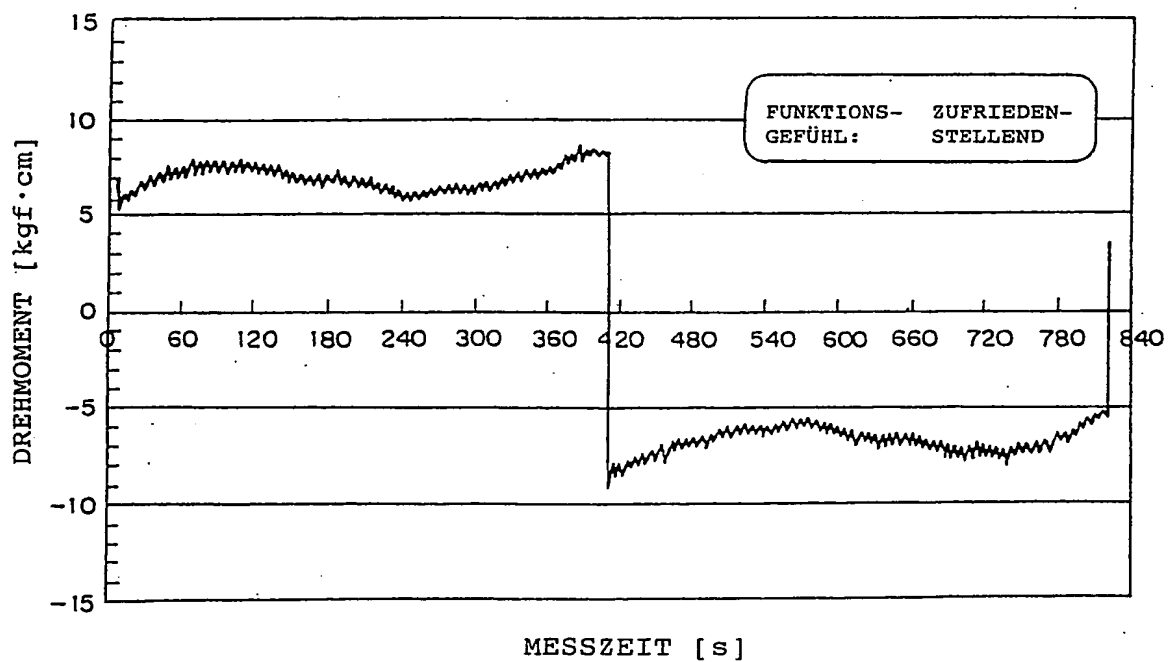


FIG. 31

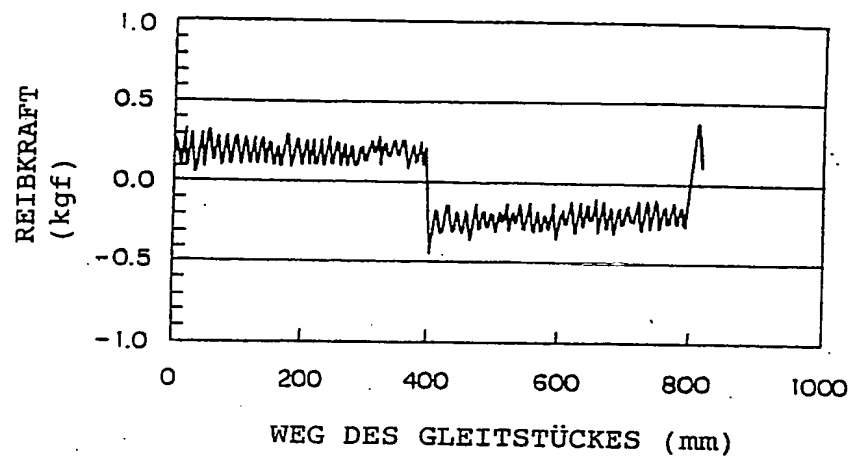


FIG. 32

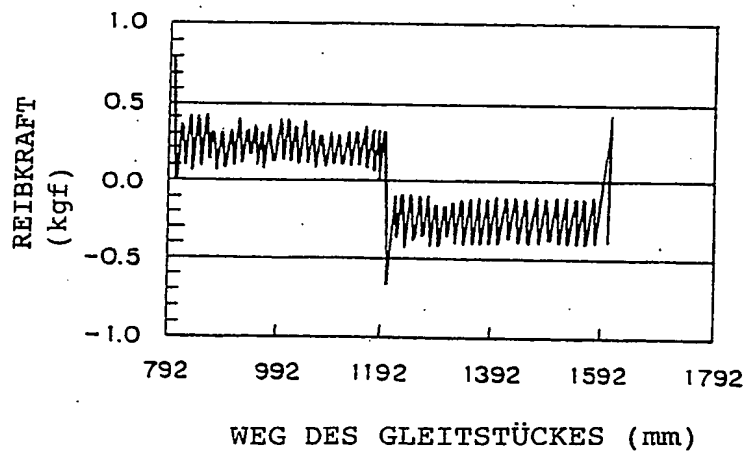


FIG. 33

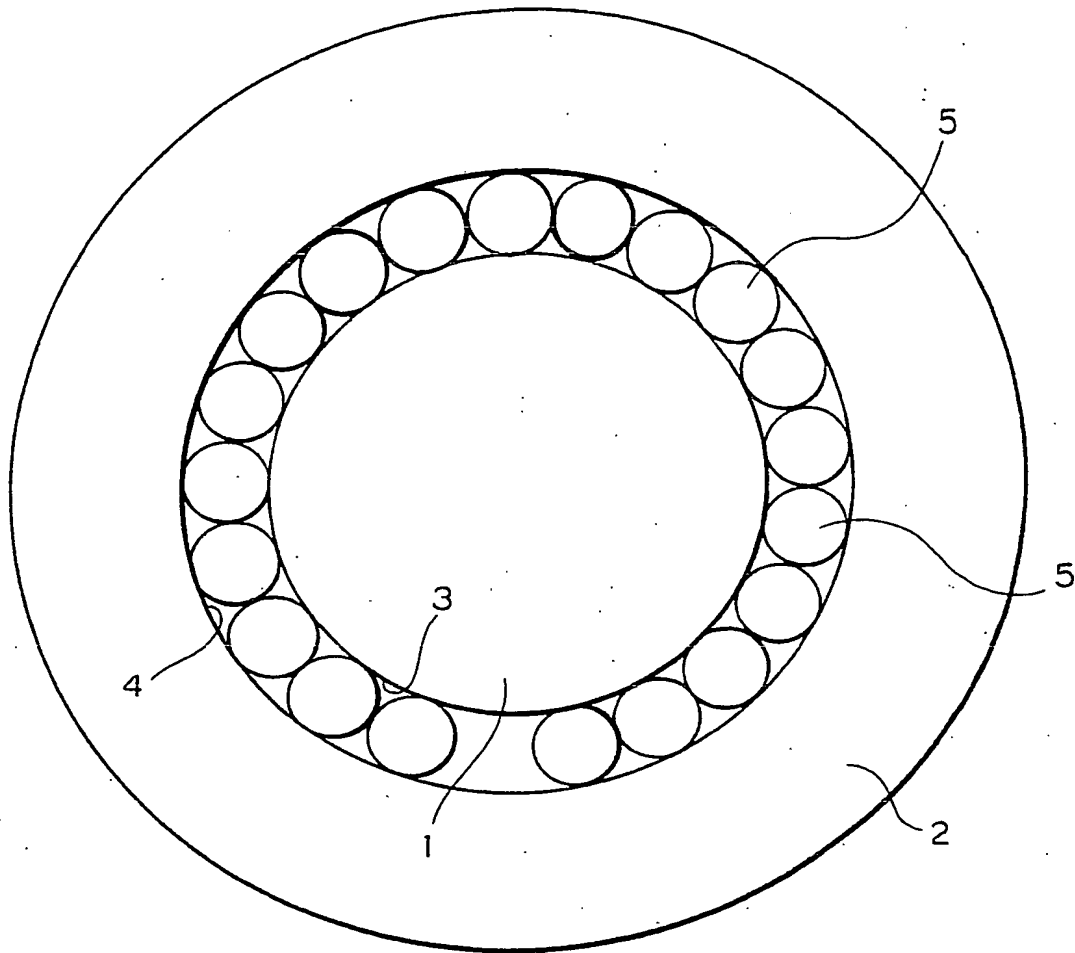


FIG. 34

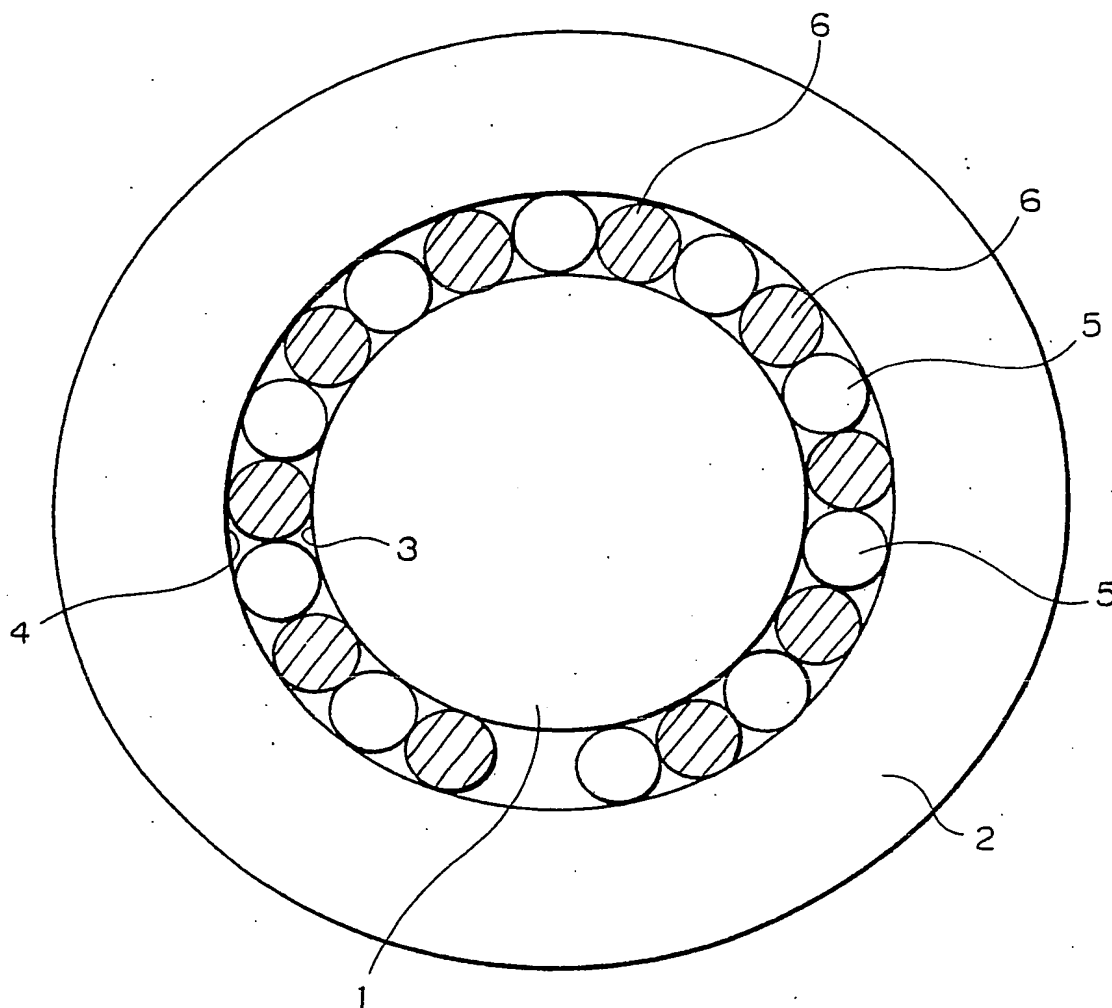


FIG. 35

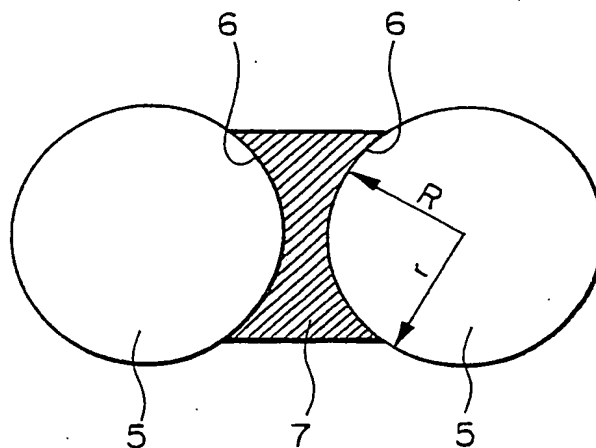
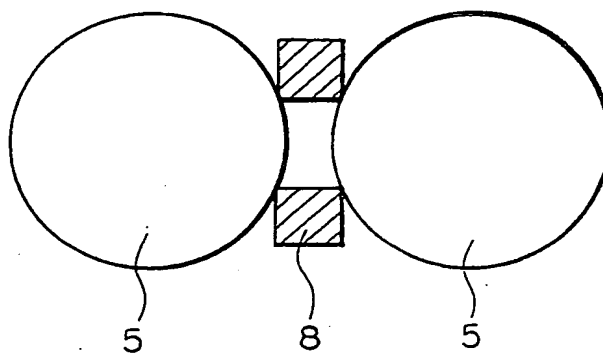


FIG. 36



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.